1158
3/21/83
#58

西水研研報
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.
(58), 1982

LIBRARY
NATIONAL MARINE FISHERIES SERVICE
HONOLULU LABORATORY
P. O. BOX 3830
HONOLULU, HAWAII 96812

BULLETIN
OF THE
SEIKAI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

No. 58
October 1982

西海区水産研究所研究報告

第58号

志々伎湾の動物プランクトンに関する研究-Ⅱ.
1975年9月から1976年4月までの動物プランクトン群集,
特に内湾性橈脚類の分布特性について……上田拓史 1

コウライエビの資源解析……庄嶋悦子・大滝英夫 23

立縄と玉縄の間にみられる漁獲機構の相違……前田弘・北島忠弘
廣瀬誠・内田和良
浜口正人・俵悟
深田耕一・石原昌浩 53

平戸島志々伎湾における人工マダイ放流魚の動向と順応過程
……松宮義晴・木曾克裕 89

西海区水産研究所
長崎市国分町49

昭和57年10月

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/bulletin-seikai-national-fisheries-research-institute_1982-10_58

西水研研報　第58号，昭和57年10月
Bull. Seikai Reg Fish. Res. Lab., No. 58, Oct. 1982

志々伎湾の動物プランクトンに関する研究—Ⅱ．1975年9月から1976年4月までの動物プランクトン群集，特に内湾性橈脚類の分布特性について

上　田　拓　史*

Zooplankton Investigations in Shijiki Bay–II. Zooplankton Communities from September 1975 to April 1976, with Special Reference to Distributional Characteristics of Inlet Copepods

Hiroshi UEDA*

Areal and seasonal occurrences of zooplankton were investigated from April 1975 to April 1976 in Shijiki Bay, Hirado Island, Kyushu. This paper contains the survey results from September 1975 to April 1976, and the discussion of the distributional characteristics of important copepods throughout the year.

The settling volumes of plankton decreased from September to December and increased from December to February. Seasonal changes of all the zooplankton (excluding protozoa) and copepods were similar to those of the settling volumes. In copepods (adults and copepodites), *Paracalanus parvus* and several *Oithona* species were dominant from September to January, but these *Oithona* species had decreased in number in February. *Acartia* species, consisting of *A. clausi* and *A. steueri*, increased greatly in February and became the most dominant copepod in that month. In March, *O. similis* joined the dominant copepods, and finally the species composition of copepods in April 1976 was similar to that in April of the previous year. Generic composition of copepod nauplii did not necessarily correspond to that of adults and copepodites; relative abundance of *Calanus*, *Centropages*, *Temora* and *Acartia* in nauplii was much greater than those in adults and copepodites.

Paracalanus parvus, *Oithona nana* and *O. simplex* were distributed quite evenly in the bay or somewhat diminished in number in the inner part of the bay, but their distributional patterns were clearly different from those of oceanic copepods.

Euterpina acutifrons species was relatively abundant in the inner part of the bay

昭和57年6月14日受理（Received June 14, 1982）
西海区水産研究所業績第397号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 397）
*琉球大学理学部海洋学科（Department of Marine Sciences, University of the Ryukyus）

in November. But, judging from the survey results in other months, the distributional characteristics of this species agree with those of the above three species.

Compared with these four species, *O. similis* generally was less abundant in the inner part than in the mouth of the bay.

Acartia clausi occurred only in the innermost part of the bay in the early reproductive season (January), but from February, it was distributed more evenly throughout the whole bay. Therefore, although the distributional pattern of this species became similar to that of above species from February, *A. clausi* seems to reproduce more in the inner part of the bay. *A. steueri* occurred only in the inner part of the bay during the reproductive season.

Although *Paracalanus crassirostris*, *Oithona brevicornis* and *O. oculata* were distributed almost restrictedly in the inner part until August, they occurred more evenly in the whole bay in September and the maximal numbers were found around the boundary area of the inner part during October and November. *O. oculata* seems to be the most inner-distributed species of these three and *O. brevicornis* the most outer-distributed one. *Oithona* sp. 1, which is closely allied to *O. nana*. occurred dominantly in the inner part of the bay from September to November, and the distribution of this species turned out similar to that of *P. crassirostris*.

Distributional patterns of *Oncaea* spp. and *Microsetella norvegica* were similar to that of oceanic copepods throughout the year. *Corycaeus* spp. generally decreased in number from the mouth to the inner part of the bay, but sometimes occurred in the inner part more abundantly than oceanic species.

As copepod nauplii are regarded, *Pseudodiaptomus marinus* and *Eurytemora pacifica* were restricted to the inner part of the bay throughout their reproductive seasons, indicating that these nauplii are good indexes to express inner bay conditions.

The distributional characteristics of *Acartia steueri*, *Oithona simplex*, *O. oculata* and *O.* sp. 1 in inlet waters of Japan are reported herein for the first time. In previous works dealt with the distribution of inlet copepods in Japan, the above mentioned four species were probably confused with other similar species; *A. steueri* with *A. clausi*, *O. simplex* and *O. oculata* with *O. rigida*, and *O.* sp. 1 with *O. nana*.

緒　　言

志々伎湾は長崎県平戸島の南端近くに位置し，対馬暖流にあらわれる湾口部の幅約2㎞，奥行約5㎞の小湾である．西海区水産研究所は，1975年から1977年にかけて，農林水産技術会議の特別研究「資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究」として，当湾をモデル水域に総合的な生物・海況調査を行った．動物プランクトンについては，1975年4月から1976年4月まで毎月定点調査が行われ，浮遊期マダイ稚仔の湾内出現期を含む1975年4月から8月までの結果はすでに前報[1]で報告した．本報告では，つづく1975年9月以降の動物プランクトン調査の結果を報告する．

特別研究の一環として行われた動物プランクトン調査の目的は，志々伎湾の水塊構造を動物プランクトンの組成と分布から明らかにし，あわせて動物プランクトン食性である浮遊期マダイ稚仔の湾内における餌環境を評価することにある．しかし，その目的は一応前報で果たされたものとみなし，本報では前報で問題を提起した内湾性橈脚類の指標性について，より詳細な検討を行うことを目的とした．我国の内湾性橈脚類は，YAMAZI[2] によってその指標性がまとめられ，現在では，湾の内湾的性格の強さ（いわゆる内湾度）を知る上で内湾性橈脚類が重要な指標生物となることは良く知られている．しかし，これまでの内湾性橈脚類の指標性に関する知識だけでは，必ずしも充分とはいえない点があることは，前報でも示唆した通りである．

なお，本報で用いる内湾性橈脚類（または内湾種）とは，外海水の流入に伴ってのみ湾内に出現するとみられる種（これを本報では沿岸外洋種と称する）を除き，それと比べて分布がより湾奥部側まで達するすべての種を意味している．

本論に入るに先立ち，本報告の発表の機会を与えられた西海区水産研究所所長佐藤重勝博士，ならびに前報からひきつづき志々伎湾のマダイ研究に関する資料提供など種々の御援助をいただいた同所浅海開発部（現京都大学農学部）田中克博士に感謝の意を表したい．また，原稿の校閲をお願いし，懇切な御助言・御指導をいただいた熊本大学理学部教授弘田禮一郎博士に対し厚くお礼申し上げる．

方　法

1975年9月から12月，および1976年2月から4月までの採集点は，前報[1] での湾内調査定点と同じ Stn. 1から Stn. 22であるが，1976年1月は Stn. T-1 から Stn. T-8 の8点で採集を行った（Fig. 1）．ただし，10月の Stn. 1から Stn. 3，2月の Stn. 11，および4月の Stn.18は欠測した．採集は月1回，中〜下旬に行い，採集方法は前報で示した通りである．ろ水量はプランクトンネットの網口に取付けた流量計によって求めたが，2月の Stn. 14 と Stn. 15 では水深に対するろ水量の値が極端に小さかった．底近くからのほぼ垂直曳きであるため，曳網距離は水深に比例すると考えられ，また，この両採集点でのサンプル全量の沈殿量は，ほぼ同水深にある隣接する採集点と同程度であり，ネットの目づまりによるろ水量の極端な低下は考えられない．したがって，この2月の Stn. 14 と Stn. 15 では流量計の作動が不良であったとしか考えられず，この2点については結果から除外した．プランクトンの計数法は前報同様であるが，9月以降は各サンプルともろ水量0.1㎥以上に含まれる全個体数を計数した．

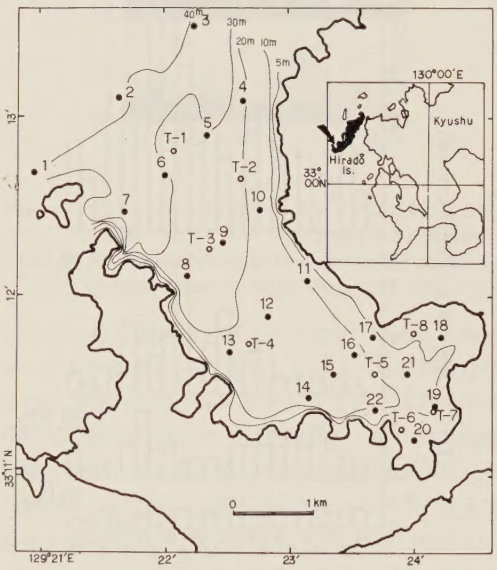


Fig. 1. 志々伎湾の位置および採集点（●：1975年9月—12月，1976年2月—4月；○：1976年1月）
Shijiki Bay with sampling stations (●: September–December 1975, and February–April 1976; ○: January 1976).

結　　果

概　　要

プランクトン沈殿量は前報[1] 8月以降12月まで減少しつづけた（Fig. 2）．8月につづき9月の大きな沈殿量は，*Thalassionema, Rhizosolenia* 等の珪藻類によるもので，9月から10月にかけての沈殿量の減少はこれら夏季珪藻群の減少によるとみられる．1月以降，*Coscinodiscus wailesii, Stephanopyxis* sp. 等の大型珪藻の増加により，沈殿量は再び増加した．2月の増加は特に *C. wailesii* の増加によるものである．3月も湾口部では珪藻類が多く大きな沈殿量を示したが，湾央部から湾奥部では珪藻類は少なくヤコウチュウ *Noctiluca scintillans* が優占的に観察された．4月には湾口部の珪藻類も減少し，かつヤコウチュウも全湾に均一化して，ほぼ前年4月と同じ状態となった．以上，前報の結果と合せ当湾の通年の沈殿量の変化をみれば，3月と8月にピークに達し，温帯域での年2山型の植物プランクトンの季節変化を反映したものといえる．

年間の全動物プランクトン（原生動物を除く）と橈脚類の出現量の変化はほぼ沈殿量の変化と同じで，8月と2月の年2回のピークを形成した（Fig. 3）．9月以降，全動物プランクトンの中で橈脚類（本報では単に橈脚類と述べた場合，成体およびコペポダイトを意味するものとする）および同ノープリウスの占める割合は，3月の平均65.1%を除き，各月とも平均70%以

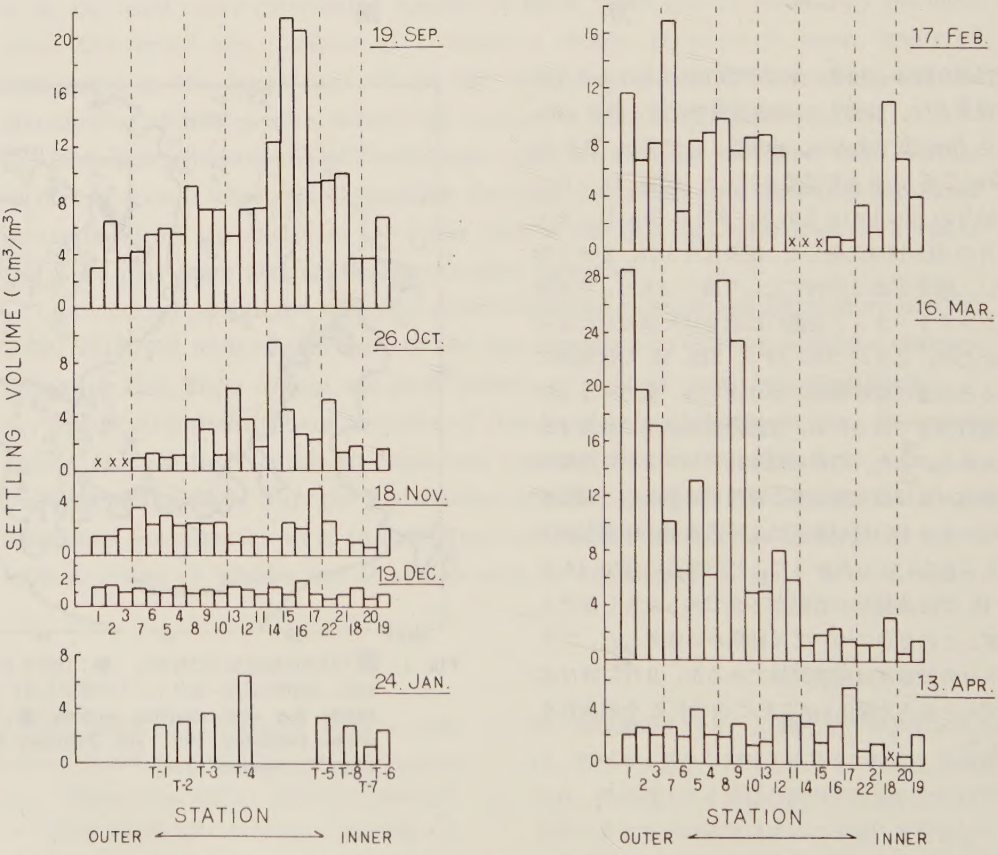


Fig. 2. 1975年9月から1976年4月のプランクトン沈殿量，採集点の配置は Fig. 1. 参照
Settling volumes of plankton in Shijiki Bay, 1975–1976. Station locations are shown in Fig. 1.

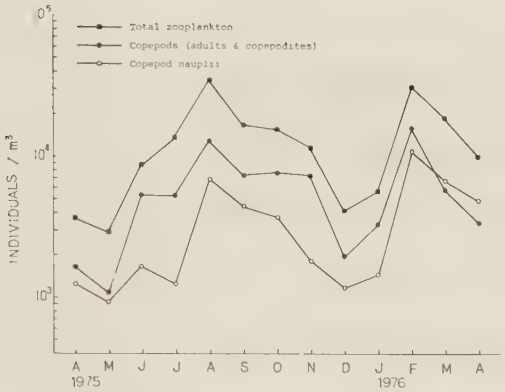
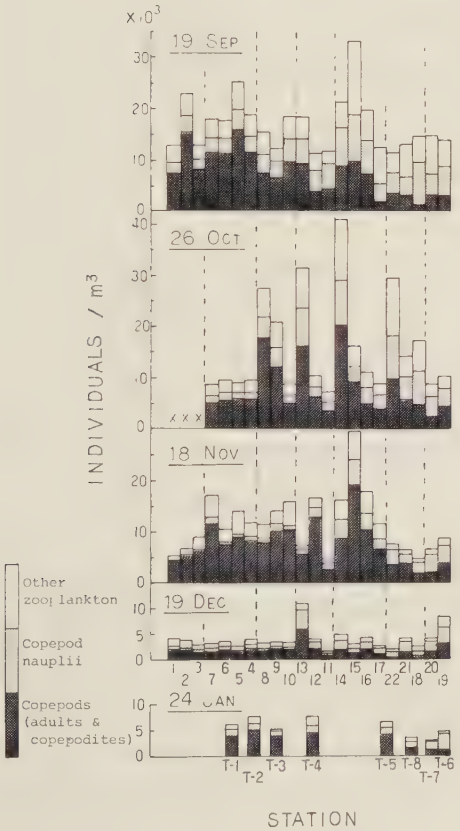


Fig. 3. 1975年4月から1976年4月までの原生動物を除く動物プランクトン，橈脚類（成体およびコペポダイト），および同ノープリウスの平均出現量の季節変化
Seasonal changes of mean abundances of total zooplankton (excluding protozoa), copepods (adults and copepodites), and copepod nauplii in Shijiki Bay from April 1975 to April 1976.



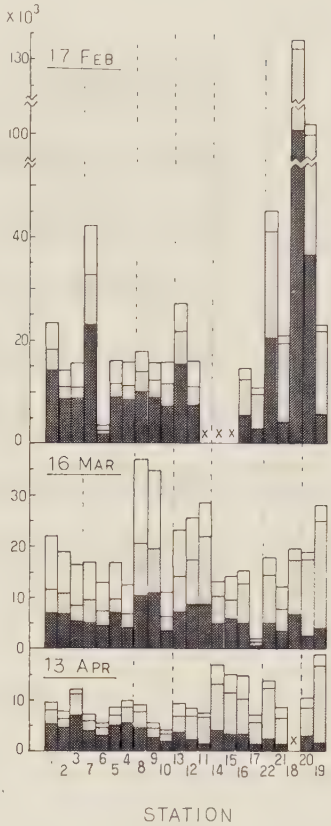


Fig. 4. 1975年9月から1976年4月までの各採集点における動物プランクトン（原生動物は除く）出現量
Abundance of zooplankton (excluding protozoa) at each station in Shijiki Bay, 1975 1976.

上であった．橈脚類と同ノープリウス以外の動物プランクトンで最も多く出現したのは，9月から12月までは貝類のベリジャー幼生，1月から4月までは *Oikopleura* を主体とする尾虫類であった．各月の橈脚類と同ノープリウスの分布には相違が認められた（Fig. 4）．すなわち，成体およびコペポダイトは2月を除き湾内にほぼ一様であるか，または湾口部あるいは湾央部で出現量が大きくなるのに対し，ノープリウスは各月とも湾奥部で出現量が大きくなる傾向を示した．なお，2月の Stn. 18 と Stn. 20 の著しく大きな橈脚類の出現量は，後でも述べる様に *Acartia* の集中分布によるものとみなされる．

湾内に出現する橈脚類は，9月から11月の間に *Paracalanus parvus, P. crassirostris, Oithona nana, O. brevicornis, O. simplex, O. oculata, O.* sp. 1.

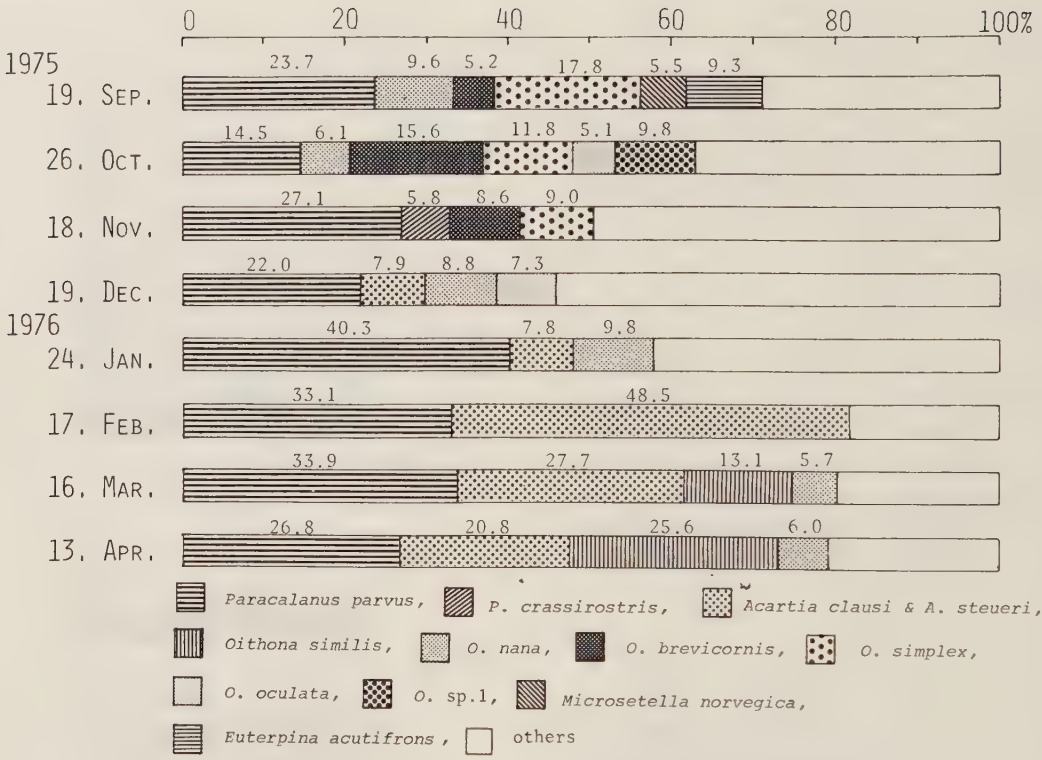


Fig. 5. 志々伎湾における橈脚類（成体およびコペポダイト）の平均種組成　優占度5％未満の種は others に含む
Mean species composition of copepods (adults and copepodites) in Shijiki Bay. Species comprising less than 5 % are included in "others".

Microsetella norvegica, Euterpina acutifrons の9種が湾内平均出現量で5％以上の優占度を示したが，これらの優占種の占める割合は次第に減少し，12月にはその合計が50％を割った（Fig.5）．これは夏から冬にかけて橈脚類の種多様性が大きくなることを意味するが，その原因はこの期間，特に秋から冬にかけてFig. 5に示した優占種が量的に減少するのに対して，種々の沿岸外洋種が比較的よく出現するためである．しかし，1月から2月にかけて，再び内湾種である *P. parvus* と *Acartia* (*A. clausi* と *A. steueri*) が増加，また，3月には *O. similis* も増加して，4月には前年4月同様この3者がほぼ同程度の優占度をもって全橈脚類の70％以上を占めた．

8月までの結果[1]で橈脚類の種組成とノープリウスの属組成は必ずしも対応しないことを述べたが，9月以降については，成体およびコペポダイトでは優占属とはならない *Calanus, Centropages* および *Temora* が，ノープリウスではそれぞれ12—4月，9月，10—11月に5％以上の優占度を示す属となった（Fig. 6）．また，*Acartia* は成体およびコペポダイトにおけるよりもノープリウスにおける優占度がはるかに大きく，特に繁殖期の2月以降は前年4～6月同様，橈脚類ノープリウスの過半数が *Acartia* によって占められた．

橈脚類主要種の分布

志々伎湾内への外海水の流入状況は季節によって変わることが考えられる[3]．内湾性橈脚類の分布は外海水の流入状況に強く影響され，その指標性を検討するためには各月の外海水の流入の強さがどの程度であるか相対的に知る必要がある．一方，湾内への外海水の流入状況は，それに伴って湾内に出現する沿岸性プランクトンの分布から推察することが可能である[4]．したがって，ここではまず，沿岸外洋性橈脚類の9月以降の分布を Fig. 7 に示した．図に示した沿岸外洋種の

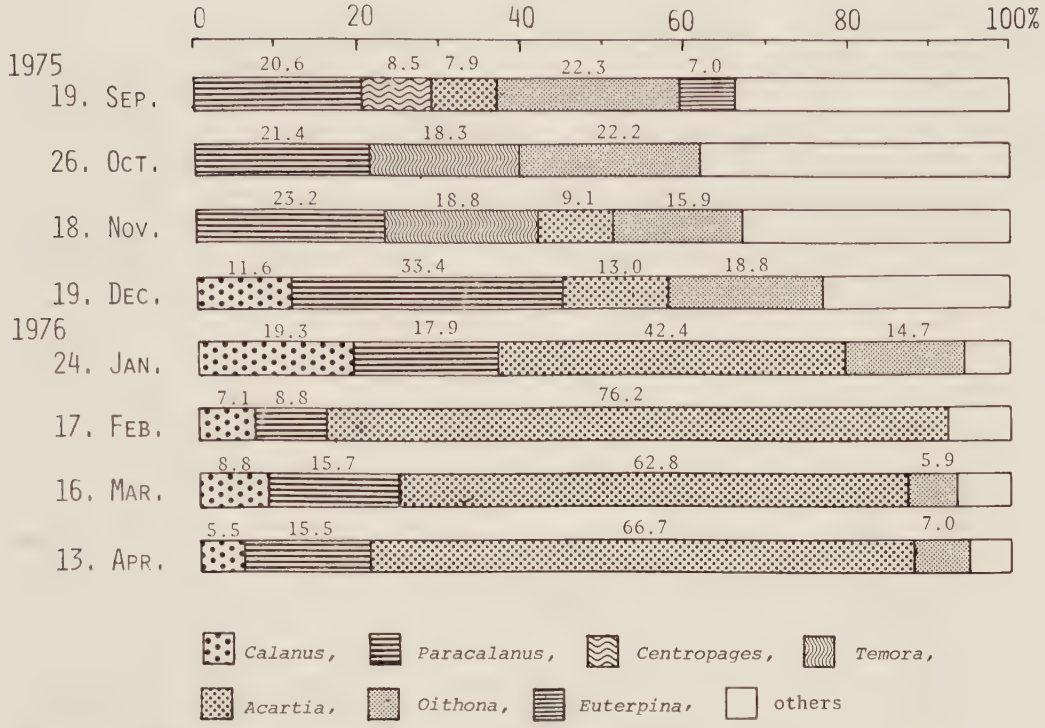


Fig. 6. 志々伎湾における橈脚類ノープリウスの平均属別組成優占度5％未満の属は others に含む
Mean generic composition of copepod nauplii in Shijiki Bay. Genera comprising less than 5 % are included in "others".

出現量は，*Calanus* sp., *Undinula vulgaris*, *Eucalanus* sp., *Acrocalanus* spp., *Clausocalanus* spp., *Ctenocalanus vanus*, *Calocalanus* spp., *Centropages furcatus*, および大型の沿岸外洋性 *Oithona*（主に *O. plumifera* と *O. longispina*）の成体およびコペポダイトを合わせたものである．各月の主な構成種は，9月から11月まで *Acrocalanus* spp. *Clausocalanus* spp., および *Calocalanus* spp., 12月と1月は上記3属の種に加えて *Oithona* 大型種，2月以降 *Oithona* 大型種と *Calanus* sp. である．これら沿岸外洋種の分布は，11月と12月を除き，湾口部から湾奥部にかけて明らかな減少傾向を示し，特に9月，2月，3月，4月の湾奥部では稀に出現するのみであった．11月は湾口部から湾央部にかけて出現量が減少するものの Stn. 14 17ライン上で再び増加しており，また，12月は湾口部からの減少傾向はみられず全湾にほとんど一様な分布であった．

以下は9月以降の各主要種成体およびコペポダイト（ただし，*Pseudodiaptomus marinus* はノープリウス）の分布であるが，繁殖期を通して分布様式の検討を行うために，前報[1]での結果も含めて各種の季節的消長についても概説する．

1) ***Paracalanus parvus*** **(Fig. 8)**

志々伎湾で周年優占的に出現する種で，その季節的増減は全橈脚類の増減とほぼ同じであり，2月に最も多く湾内平均出現量5,210/m³に達した．

8月までの分布同様，9月以降も一般に全湾に比較的一様に分布するか，最湾奥部で出現量が減少する傾向が認められた．ただし，9月は湾奥部全域で相対的に出現量が小さかったが，湾口部から湾奥部へ向けての減少傾向は同月沿岸外洋種の分布ほど著しくはない．また，11月は沿岸外洋種同様，Stn.14—17ライン上での出現量が大きかった．

Fig. 7. 1975年9月から1976年4月までの橈脚類沿岸外洋種（成体およびコペポダイト）の分布　構成種については本文参照　数値は出現量（×10/m³）を示し，円の面積で表示（以下，Figs. 8—23まで同じ）
Distributions of oceanic copepods (adults and copepodites) in Shijiki Bay from September 1975 to April 1976. The oceanic copepods comprise *Calanus* sp., *Undinula vulgaris*, *Eucalanus* sp., *Acrocalanus* spp., *Clausocalanus* spp., *Ctenocalanus vanus*, *Calocalanus* spp., *Centropages furcatus*, and large formed *Oithona* species; the last consisted mainly of *O. plumifera* and *O. longispina*. The values represent their abundances (×10/m³) and the areas of the circles are proportional to the abundances; this explanation also applies to Figs. 8-23.

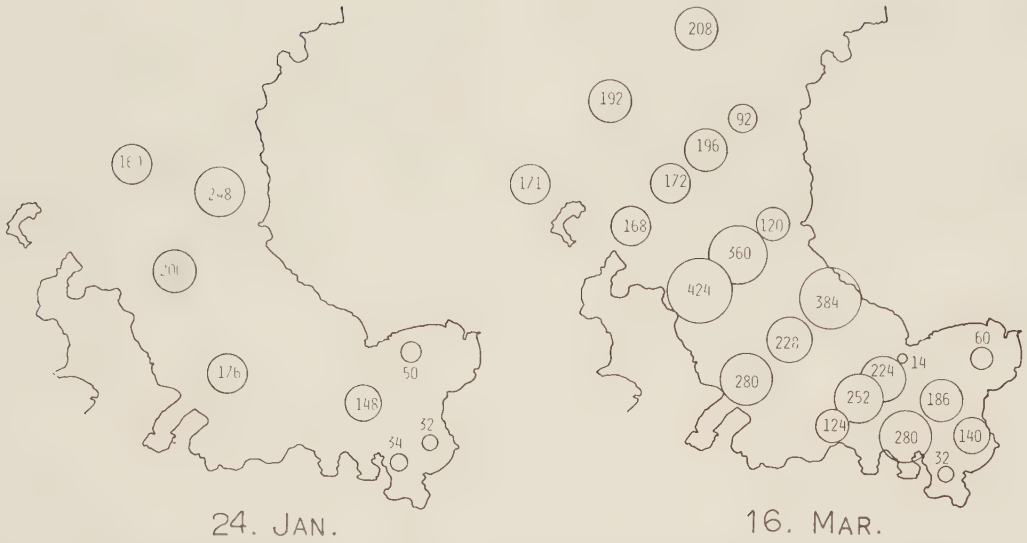


Fig. 8. 1975年9月，10月，1976年1月および3月の *Paracalanus parvus*（成体およびコペポダイト）の分布
Distributions of *Paracalanus parvus* (adults and copepodites) in Shijiki Bay, September, October 1975, January, and March 1976.

2) ***Paracalanus crassirostris*** **(Fig. 9)**

本種は，前報[1]では我国周辺における分類学的記載がなかったため，種名に？マークを付して報告したが，最近，広海[5]によって我国内湾にも分布することが確認された（広海[5]は Andronov[6]に従い本種を *Parvocalanus* の属名で報告したが，前報との便宜上，本報では従来通りの属名を用いる）．

季節的消長は7月に出現し，8月に急激に増加して

Fig. 9. 1975年9月と11月の *Paracalanus crassirostris*（成体およびコペポダイト）の分布
Distributions of *Paracalanus crassirostris* (adults and copepodites) in Shijiki Bay, September and November 1975.

湾内平均出現量630/㎥に達したが，その後平均出現量は減少しつづけ，1月にはまったく出現が認められなくなった．

9月は，前報[1]で示した8月までの湾奥集中分布（前報では述べなかったが，最初の出現月である7月も分布は湾奥部に限られる）とは一変し，湾口部でも湾奥部とあまり変らぬ出現量で分布が認められた．10月と11月は，相対的に湾奥部側に多く分布したが，出現量の最も大きい採集点は Stn.14—17ライン上で認められた．出現末期の12月も同様の分布で，最大出現量は湾中央部の Stn.12で記録された．

3) *Acartia steueri* (Fig. 10) および *A. clausi* (Fig. 11)

この両種はコペポダイトⅣ期以降の個体のみ種を識

Fig. 10. 1976年2月と3月の *Acartia steueri*（コペポダイトⅣ期，Ⅴ期，および成体）の分布
Distributions of *Acartia steueri* copepodites IV, V, and adults in Shijiki Bay, February and March 1976.

Fig. 11. 1976年1月から4月までの *Acartia clausi*（コペポダイトIV期，V期，および成体）の分布
Distributions of *Acartia clausi* copepodites IV, V, and adults in Shijiki Bay from January to April, 1976.

別し，その出現期については7月まで両種とも出現が認められ，その後IV期以降の個体が再びサンプル中に出現したのは *Acartia steueri* が12月，*A. clausi* が1月であった．このことから，両種の出現期はほとんど同じか，*A. steueri* の方がやや早く出現し始めると考えられる．ただし，この両種のいずれかとみられるコペポダイトIII期以前の幼体は9，10月を除き各月とも出現した．両種を合せた成体およびコペポダイトは2月から5月まで *Paracalanus parvus* とともに最優占するが，前報[1]でも示唆したようにノープリウスの出現量から推察すれば春季当湾で最も豊富な橈脚類であると考えられる．両種を合わせた成体およびコペポダイトの最多出現月は2月で，湾内平均出現量7,630/㎥であった．

コペポダイトIV期以降の分布では，*Acartia steueri* は出現した各月とも湾奥部のみに分布が限られ，また，最湾奥部の少数の採集点に集中して出現する極端な分布の偏りがみられた．*A. clausi* は月によって分布様式が異なり，出現期の初めである1月は最湾奥部のみに出現し，2月以降は全湾に分布が広がった．2月の最湾奥部 Stn.18と Stn.20では，他の採集点に比べて極端に大きな出現量を示したが，この両採集点は *A. steueri* が多量に出現した点でもある．この2月の *Acartia* 両種のような極端な不均一分布は，同月湾奥部での他の優占種である *Paracalanus parvus* や *Oithona similis, O. nana* などでは認められず，*Acartia* 両種に特有な分布様式であることは明らかである．すなわち，前報[1]でも述べたように，この両種は日中底層に高密度なパッチ状分布をなしており，この両採集点ではそうしたパッチ状の群れに遭遇したこ

Fig. 12. 1975年11月の *Acartia* ノープリウスの分布
Distribution of *Acartia* nauplii in Shijiki Bay, November 1975.

とが考えられる．3月，4月の *A. clausi* の分布は，1月とは逆に湾奥部で少なくなる傾向を示した．なお，*Acartia* 両種のものとみられるノープリウスは周年出現が認められ，その9月以降の分布は各月とも湾奥部に出現量が増加し，特に9月からコペポダイトが多くなる1月までの間は湾口部ではほとんど出現しなかった（Fig.12）．

4) *Oithona similis* (Fig. 13)

本種は12月から9月まで出現するが，平均出現量100/m³以上となる繁殖期は1月から7月までで，最大平均出現量は1976年4月で860/m³であった．

繁殖期1月以降の分布は，1月と3月に湾奥部で明

Fig. 13. 1976年2月と3月の *Oithona similis*（成体およびコペポダイト）の分布
Distributions of *Oithona similis* (adults and copepodites) in Shijiki Bay, February and March 1976.

Fig. 14. 1975年9月と1976年3月の *Oithona nana*（成体およびコペポダイト）の分布
Distributions of *Oithona nana* (adults and copepodites) in Shijiki Bay, September 1975 and March 1976.

Fig. 15. 1975年9月と11月の *Oithona brevicornis*（成体およびコペポダイト）の分布
Distributions of *Oithona brevicornis* (adults and copepodites) in Shijiki Bay, September and November 1975.

らかに出現量が減少する傾向を示したが，2月と4月では最湾奥部でも湾口部と変わらぬ出現量の採集点があり，特に湾奥部での減少は認められなかった．

5) *Oithona nana* (Fig. 14)

Paracalanus parvus 同様志々伎湾に周年出現する種で，1975年4月と5月は平均出現量100/m³未満であったが，他の月はいずれも平均出現量が10^2/m³のオーダーであった．最大平均出現量は7月の780/m³であった．

前報[1]では *Oithona similis* と同じ分布特性をもつ種であるとしたが，9月以降は，3月を除いて各月とも最湾奥部の採集点でやや出現量が小さくなるか，全湾に比較的一様な分布様式となった．3月は湾奥部全域で出現量が減少したが，湾口部からの減少傾向は *O. similis* の方がより顕著であるといえる．

6) *Oithona brevicornis* (Fig. 15)

6月から2月まで出現が認められたが，平均出現量が100/m³以上となる期間は7月から11月までで，出現量が最大（平均1,230/m³）に達した10月には湾内の最優占橈脚類となった．

分布様式は *Paracalanus crassirostris* と酷似し，9月は8月までの湾奥集中分布から一変して，湾口部と湾奥部に同程度の出現がみられた．10月は分布中心が8月までの湾奥部から湾央部寄りに移行した形となり，Stn. 15で最も出現量が大きかった．11月にはさらにその傾向が強まり，湾央部 Stn. 11—13ラインを中心に湾口部および湾奥部へ向けて明らかな減少が認められ，湾奥部では8月の集中的な分布とは逆にむしろ稀にしか出現しなかった．

7) *Oithona simplex* (Fig. 16)

出現期は5月から1月まで，平均出現量100/m³以上の繁殖期は8月から11月であった．最大平均出現量は繁殖期初めの8月に記録され，1,400/m³であった．

前報[1]では *Paracalanus parvus* と同じ分布特性をもつ種であるとしたが，9月から11月までの分布も *P. parvus* とまったく同じ様式であった．すなわち，*P. parvus* が湾奥部で減少した9月は本種も湾奥部で同様の減少がみられ，また，*P. parvus* が湾奥部まで減少せずに分布した10月，Stn. 14—17ラインでやや出現量が大きくなった11月には，それぞれ本種も同様な分布が認められた．

8) *Oithona oculata* (Fig. 17)

出現は7月から1月まで認められ，8月に最大平均出現量480/m³に達した．9月には一旦減少するが，10月から12月まで再び湾内平均出現量が100/m³以上となった．

8月まで典型的な湾奥集中分布であったが，同月まで同じ湾奥集中分布をなした *Paracalanus crassirostris* や *Oithona brevicornis* 同様，本種もまた9月以降分布様式の変化がみられた．ただし，10月，11月の分布には若干上記2種と違いが認められ，上記2種の場合，両月とも湾口部でもある程度の出現が認められたのに対し，本種は湾口部ではほとんど出現せず，特に10月は湾央部 Stn. 11—13ラインより湾奥側に分布が限られた．

9) *Oithona* sp. 1 (Fig. 18)

本種として取り扱った個体は，これまで日本近海で報告されている[7)-9)] *Oithona nana* および *O. attenuata*

Fig. 16. 1975年9月と10月の *Oithona simplex* (成体およびコペポダイト) の分布
Distributions of *Oithona simplex* (adults and copepodites) in Shijiki Bay, September and October 1975.

Fig. 17. 1975年10月と11月の *Oithona oculata* (成体およびコペポダイト) の分布
Distributions of *Oithona oculata* (adults and copepodites) in Shijiki Bay, October and November 1975.

と形態的に似るが，後2種とは叉肢（furcal rami）と前体部（prosome）の形に違いが認められた．叉肢は *O. nana* と *O. attenuata* の中間的形態を示し，前体部は上記2種に比べ幅の広い形を呈する．また，体長は同じ月のサンプル中では明らかに *O. nana* より大きく，一例として10月の場合，*O. nana* の成体雌の体長が0.52～0.55㎜であるのに対し，本種として取り扱った個体の成体雌の体長は0.73～0.76㎜であった．これらの形態的相違はコペポダイト幼体においても明瞭に識別された（なお，*O. attenuata* は夏～秋に湾口部で稀に出現した）．本報では一応 *O. nana* および *O. attenuata* とは別種とみなして報告する．

Fig. 18. 1975年9月と10月の *Oithona* sp. 1（成体およびコペポダイト）の分布
Distributions of *Oithona* sp. 1 (adults and copepodites) in Shijiki Bay, September and October 1975.

Fig. 19. 1975年11月と1976年3月の *Oncaea* spp.（成体およびコペポダイト）の分布
Distributions of *Oncaea* spp. (adults and copepodites) in Shijiki Bay, November 1975 and March 1976.

Fig. 20. 1975年11月と1976年3月の *Corycaeus* spp.（成体およびコペポダイト）の分布
Distributions of *Corycaeus* spp. (adults and copepodites) in Shijiki Bay, November 1975 and March 1976.

本種は7月から12月まで出現し，9月から11月まで100/㎥以上の平均出現量を示した．最も多い10月では，湾内平均760/㎥となり，*O. nana* 以上の優占種となった．

9月は湾全域に分布したが，比較的出現量の大きい採集点は湾奥部でみられた．10月，11月の分布は *Paracalanus crassirostris* に類似し，最大出現量はStn. 14—17ライン上でみられ，相対的に湾口部より湾奥部に多い分布となった．

10) *Oncaea* spp. (Fig. 19)

本属は周年出現し，4月から7月までは少なく湾内平均出現量100/㎥未満であるが，他の月はいずれも平均出現量が100～300/㎥の範囲であった．

9月以降の分布は，12月を除いて，各月とも湾口部から湾奥部へかけて明瞭に減少する形となった．その減少傾向は9月，11月，3月などでは特に著しく，9月では湾央部 Stn. 11－13ラインより湾奥側ではほとんど出現しなかった．

11) *Corycaeus* spp. (Fig. 20)

Oncaea spp. 同様周年出現し，年間の出現量も同程度であった．しかし，出現量の季節変化はやや異なり，本属は8月から11月と2月から4月にそれぞれ湾内平均100/㎥をこえる年2回の出現量の山がみられた．

分布は，出現量の小さい12月と1月を除き，全般に *Oncaea* spp. と比べて湾口部から湾奥部へ向けての減少が不明瞭であった．湾口部からの減少が最も著し

Fig. 21. 1975年9月の *Microsetella norvegica*（成体およびコペポダイト）の分布
Distribution of *Microsetella norvegica* (adults and copepodites) in Shijiki Bay, September 1975.

Fig. 22. 1975年10月と11月の *Euterpina acutifrons*（成体およびコペポダイト）の分布
Distributions of *Euterpina acutifrons* (adults and copepodites) in Shijiki Bay, October and November 1975.

かった11月でさえ，湾口部と湾奥部の出現量の差は *Oncaea* spp. ほど大きくはなく，また，10月，2月，3月などはむしろ全湾に一様な分布様式となった．

12) *Microsetella norvegica* (Fig. 21)

Paracalanus parvus, Oithona nana とともに周年出現する種であるが，湾内平均出現量が100/㎥をこえるのは8月から11月までで，最も多くなるのは8月（平均460/㎥）であった．

本種は前報[1]で *Oncaea* spp. と同じ分布特性であるとしたが，9月以降もその分布様式は *Oncaea* spp. や沿岸外洋種と同じく，12月を除いて各月とも湾奥部での出現量の減少は顕著であり，出現量の大きい9月から11月でさえ湾奥部では出現の認められない採集点が多くあった．

13) *Euterpina acutifrons* (Fig. 22)

6月から1月まで出現し，湾内平均出現量100/㎥以上となるのは8月から11月までであった．8月に最大平均出現量 2,280/㎥に達し，同月は *Paracalanus parvus* に次ぐ優占種となった．

9月は，8月と同様，最湾奥部で減少する分布様式であったが，10月は最湾奥部での減少もみられず全湾に比較的一様な分布を示した．この10月までの分布は *P. parvus* や *Oithona nana* に類似するが，この2種が Stn. 14—17ラインで出現量が大きくなる11月はその分布傾向がより顕著に現れ，Stn. 14—17ラインを

Fig. 23. 1975年9月の *Pseudodiaptomus marinus* ノープリウスの分布
Distribution of *Pseudodiaptomus marinus* nauplii in Shijiki Bay, September 1975.

中心に湾口部および湾奥部の両側に向けて明らかに出現量が減少した．

14) *Pseudodiaptomus marinus* のノープリウス (Fig. 23)

本種ノープリウスは5月と1月を除いて各月とも出現した．分布が限られるため湾全体としての平均出現量は少ないが，Stn. 18から Stn. 22までの湾奥部のみの平均出現量でみれば 1月を除く 6月から 2月まで100/㎥をこえた．分布は各月とも湾奥部のみに限られ，湾口部にはまったく出現しなかった．

前報[1]では，湾奥部のみに出現するノープリウスとして本種の他に *Eurytemora pacifica* についても述べたが，後者ノープリウスは1月から5月まで出現が認められ，1976年1月以降の分布も前報同様，典型的な湾奥集中分布であった．

考　察

前報[1]では，1975年4月から8月までの結果から，志々伎湾の主要橈脚類の分布様式を大きく3つの型に分けた．すなわち，Ⅰ）全湾に比較的一様に分布する *Paracalanus parvus, Acartia clausi, Oithona similis, O. nana, O. simplex, Euterpina acutifrons*; Ⅱ）湾口部から湾奥部へ向けて出現量が増加する *P. crassirostris, A. steueri, O. brevicornis, O. oculata,* および *Pseudodipatomus marinus* と *Eurytemora pacifica* のノープリウス；Ⅲ）湾口部から湾奥部へ向けて出現量が減少する *Oncaea* spp., *Corycaeus* spp., *Microsetella norvegica* の3型である．しかし，このⅠ～Ⅲの分類で同じ型に属する種でも，9月以降の結果では必ずしも同じ分布様式とはならず，より詳細な種間の比較を行う必要があると思われる．

はじめに，Ⅰの型で周年出現する *Paracalanus parvus* と *Oithona nana* は，その分布特性が周年を通してどちらがより内湾的であるか優劣はつけられないが，両種とも沿岸外洋種との分布の違いは明らかであり，両種は最湾奥部の強内湾的水域を除いて沿岸から内湾にかけて繁殖可能な広域分布種であるとみなされる．この分布特性は *O. simplex* についても同様である．また，*Euterpina acutifrons* は11月のみ上の3種と若干異なる分布となり，湾奥部と湾央部の境界域である Stn. 14　17ラインで出現量が顕著に大きくなり，むしろⅡの型に分類した *P. crassirostris* や *O. brevicornis* の同月の分布に類似した．11月は沿岸外洋種の分布も Stn. 14　17ラインで多くなる傾向がみられたが，この増加は沿岸外洋種本来の分布特性から考えて，沿岸水と湾奥部固有水の境界域における集積作用によるものと推察される．*E. acutifrons* の11月の分布は，その集積作用が強く働いた結果とも考えられ，他の月の本種の分布様式からみれば本来の分布特性はやはり *P. parvus* や *O. nana* と同じであるとみなされる．以上のⅠの型の種に比べ，*O. similis* は *P. parvus* と *O. nana* のいずれかが湾奥部で減少する1月と3月の両月とも減少傾向が明らかにみられ，やや沿岸的性格の強い種であることがうかがわれる．

Acartia clausi の分布は繁殖期の初期と中期以後では著しく異った．しかし，本種コペポダイトⅣ期以降の個体の最初の増加が最湾奥部でみられたこと，また，本種を含むとみられる *Acartia* ノープリウスが繁殖期初期まで湾央部から湾奥部にのみ分布することから，本種の繁殖域の中心は湾奥部にあると考えられる．繁殖期中期以降の分布の変化は，個体群の増加に伴って広範囲に分布を拡大した結果といえる．また，月によって湾奥部の出現量が湾口部より小さくなるのは，湾内では大部分の個体がネット採集にかかりにくい近底層に群がっていることが要因として考えられ，事実，筆者ら[10]は1980年6月に当湾の湾奥部に近い海底上で本種の濃密なスウォーム状の分布を潜水観察した．したがって，本種は前報[1]ではⅠの型に分類したが，本来の分布中心は湾奥部にあり，そこから広範囲に分布を拡大する種として，他のⅠ型の種とは区別する必要がある．

Ⅱの型に分類した6種については，9月以降の分布様式を2つのグループに分けることができる．1つは，8月までと同様，湾奥部に集中して出現する種で，*Acartia steueri, Pseudodiaptomus marinus, Eurytemora pacifica* の3種である．これらは湾奥部の強内湾的水域にのみ繁殖する種とみなされるが，特に *P. marinus* と *E. pacifica* のノープリウスは出現期を通して湾央部から湾奥部に分布が限られ，かつ，その

形態が他の内湾性橈脚類ノープリウスと容易に識別できることから，強内湾的水塊の良い指標生物になると思われる．*A. steueri* については，*A. clausi* と識別していないコペポダイトIII期以前の幼体が繁殖期盛期には全湾に分布すること，*A. clausi* 同様ネット採集にかかりにくい近底層にパッチ状分布していること[10]から，個体群の増加した時期にも分布域が湾奥部に限定されるかどうかは疑問が残る．しかし，*A. steueri* IV期以降の個体がいずれも湾奥部でのみ採集されたことは，本種の分布特性が *A. clausi* より内湾的であることを示唆している．他方のグループは，*Paracalanus crassirostris*, *Oithona brevicornis*, および *O. oculata* である．この3種はいずれも繁殖期初期（7・8月）の湾奥集中分布から，中期（9月）には全湾により一様な分布となり，さらに後期（10・11月）には分布中心が初期の湾奥部から湾央部へ移行する著しい分布の変化を示した．初期から中期の分布変化は，*A. clausi* の場合と同様，湾奥部で増加した個体群が分散した結果としてとらえられる．しかし，後期の分布のうち，特に11月の湾奥部で *O. brevicornis* と *O. oculata* が稀にしか出現しなくなることについては，当月湾奥部でこれらの種の繁殖に不都合となる理由はなく，その要因は不明である．この3種の分布を詳細に比較すれば，10・11月とも湾口部にはほとんど出現しない *O. oculata* が3種の中で最も内湾的性格の強い種とみなされ，次いで *P. crassirostris*, *O. brevicornis* の順に内湾的性格の強さを位置づけることができる．いずれにしても，*A. clausi* を含めてこれらの内湾種は，繁殖期の初期から中期に分布を拡大する傾向にあり，これらの種を水塊指標とする際には繁殖期との関連について考慮する必要がある．

9月以降の結果から，IIの型に属する種として新たに *Oithona* sp. 1 を加えることができる．本種は繁殖期が9月からであるため，9月の分布様式は上の3種とは異ったが，10・11月は類似した分布を示したといえる．湾口部と湾奥部の相対的出現量は，10・11月ともに湾奥部側に大きく，かつ，全湾に分布することから，上の3種の中では *Paracalanus crassirostris* と同じ分布特性であると考えられる．

IIIの型については，*Oncaea* spp. と *Microsetella norvegica* は各月とも沿岸外洋種の分布様式と一致し，志々伎湾ではその分布特性に沿岸外洋種との差はないものとみなされる．これに比べ，*Corycaeus* spp. は年間の約半数の月で湾口部からの減少傾向は不明瞭であり，明らかに内湾種を含んだ属であることがわかる．しかし，月によっては沿岸外洋種と変わらぬ分布を示すこともあり，周年を通した属としての指標性は沿岸外洋種とIの型の種の中間に位置づけておく．

以上の検討をもとに，志々伎湾における主要橈脚類の分布特性を Fig. 24に要約した．これは各種の分布様式を繁殖期を通して一般化したものであり，各月の実際の分布と必ずしも一致するとは限らない．志々伎湾におけるこれらの分布特性のうち，*Oncaea* spp. と *Microsetella norvegica* については，これまで知られている他湾（例えば，広島湾[11]，宮津湾[12]，女川湾[13]，釜石湾[14]，東京湾[15]，有明海[16,17]，八代海[18]など）での分布状況とは異なる結果となった．すなわち，志々伎湾では両橈脚類とも沿岸外洋種と変わらぬ分布様式であったが，他湾では明らかに内湾種的分布傾向を示し，特に，*M. norvegica* は内湾的性格が強く，*Oithona similis* より強内湾性種としてその指標性が位置づけられている[2,19]．*Oncaea* 属の中で通常内湾で優占的に出現する種は *O. media* であるが[4]，志々伎湾では *O. media* が *Oncaea* 属全体の分布に影響するほど多くはなかったか，あるいは，本種は *Oncaea* 属の中では比較的小型であるためネットでは網目逸出によって実際より過少に採集されたのではないかと考えられる．*M. norvegica* については，上にあげた湾の他に，極端に閉鎖的な大村湾でも周年優占的に出現することが知られており[20]，明らかに志々伎湾での本種の沿岸外洋種的分布は例外的といえるが，このことは同時に志々伎湾の一つの特性を示しているといえる．

本研究では志々伎湾に優占する橈脚類として12種（ノープリウスのみでの優占種は除く）および *Corycaeus* と *Oncaea* の2属が認められた．このうち，*Acartia steueri*, *Oithona simplex*, *O. oculata*, および *O.* sp. 1 の4種については，これまで我国内湾域における分布状況や季節的消長がほとんどあるいはまったく知られていない．この4種とも志々伎湾では，その繁殖期に採集点によっては橈脚類の中で最優占的に出現しており，当湾と条件が類似した湾であれば同様にその優占的出現が考えられる．したがって，これら4種の内湾性橈脚類は，これまでの内湾性橈脚類の分布や季節的消長に関する研究の中で他の近縁な種と分類

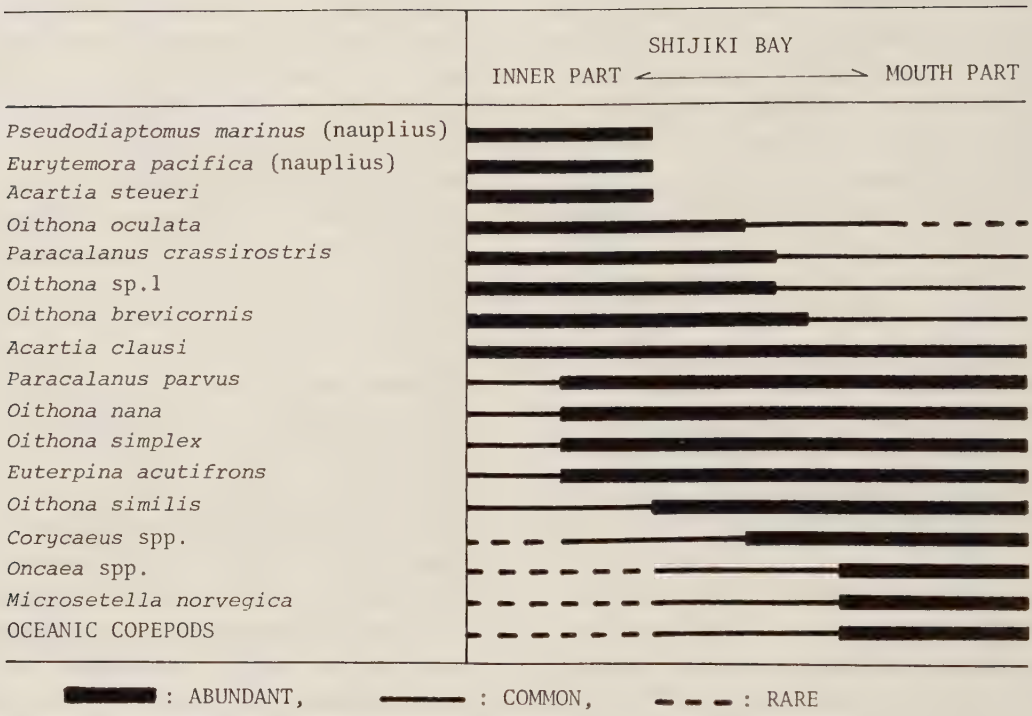


Fig. 24. 志々伎湾における主要橈脚類の分布特性の模式図
Schematic figure showing the distributional characteristics of important copepods in Shijiki Bay.

上混同されていた可能性がある．因に，上記4種と，従来我国内湾に優占的に出現する橈脚類として知られている種[2,4]との形態的類似性から判断すれば，*A. steueri* は *A. clausi* と，*O. simplex* と *O. oculata* は *O. rigida* と，*O.* sp.1 は *O. nana* とそれぞれ混同されていたのではないかと考えられる．*O. rigida* については，志々伎湾では夏から秋にかけて稀に湾口部側で出現するのみで，一方，*O. oculata* は志々伎湾の湾奥部で優占的に出現する他，田辺湾でも夏の最優占橈脚類として報告されている[21]．しかし，従来の *O. rigida* の指標性が *Paracalanus parvus* のそれに類似していること[2]からみれば，その指標性は志々伎湾では *O. oculata* よりむしろ *O. simplex* に近い．これらのことから，これまで内湾性橈脚類として扱われてきた *O. rigida* は特に再検討の必要があるように思われる．

志々伎湾では出現が認められなかったが，近年強内湾性橈脚類として報告されるようになった種に *Acartia plumosa* がある．この種も以前は *A. clausi*, と混同されていた可能性があるが，我国ではこれまでに洞海湾[22]，舞鶴湾[23]，および東京湾の湾奥部に水道がつながる新浜湖[24]などいずれも強閉鎖的かつ富栄養化のみられる水域で暖水期に優占的出現をしており，そうした富栄養閉鎖水域の良い指標種として注目される．前報[1]では，志々伎湾の湾奥部で汽水性の *Pseudodiaptomus marinus* や *Eurytemora pacifica* のノープリウスが出現することから，湾奥部に強内湾的水域が形成されていることを示唆した．しかし，志々伎湾でその *A. plumosa* がまったく出現しなかったことは，既に栄養塩の調査結果[25]でも示されたように，当湾の富栄養化は湾奥部でもみられないことを生物学的に裏付けるものであるといえよう．

要　約

長崎県平戸島志々伎湾で1975年4月から1976年4月まで行われた動物プランクトン調査のうち，9月以降について次いような結果を得た．また，8月までの結果も合せて主要橈脚類の分布特性について検討した．

1．沈殿量は9月以降12月まで減少，1月から再び増加して3月に極大に達した．全動物プランクトンと橈脚類の出現量も沈殿量とほぼ同じ季節変化を示した．

2．橈脚類（成体およびコペポダイド）では，9月以降 *Paracalanus parvus* と *Oithona* 数種が優占するとともに，出現種の数も増加する傾向を示した．2月以降には，*Acartia clausi* と *A. steueri* が増加，3月からは *O. similis* も増加して1976年4月には前年4月とほぼ同様な種組成となった．橈脚類ノープリウスの属別組成は，成体とコペポダイトの組成に比べて，*Calanus, Centropages, Temora* および *Acartia* の出現比率が非常に高かった．

3．主要橈脚類（成体およびコペポダイト）のうち，*Paracalanus parvus, Oithona nana, O. simplex* の3種は全湾に比較的一様に分布するか，または最湾奥部で出現量が減少する傾向を示し，沿岸から内湾へかけての広域分布種とみなされる．*Euterpina acutifrons* は11月には湾奥部で最多出現量を示したものの，他の月の分布は上の3種と同様であり，同じ分布特性を持つ種とみなした．*O. similis* は前記3種の分布に類似するが，湾奥部での減少傾向がより顕著であった．

4．*Acartia clausi* は繁殖期の初期（1月）には湾奥部に集中して分布し，中期（2月）以降全湾に比較的一様に分布した．このため本来の繁殖域は湾奥部にあるとみなされ，上記5種より内湾的性格の強い種であるといえる．*A. steueri* は，種を識別したコペポダイトIV期以降の個体の分布が出現期を通して湾奥部のみに限られ，*A. clausi* より強内湾性種であることがうかがわれる．

5．*Paracalanus crassirostris, Oithona brevicornis, O. oculata* は8月まで湾奥集中分布するが，9月には全湾に比較的一様分布，10・11月には湾中央部で多くなる分布を示した．この3種の分布を互いに比較すれば，より内湾的性格の強い種から *O. oculata, P. crassirostris, O. brevicornis* の順にならべられる．また，*P. crassirostris* と同じ分布特性をもつ種として *Oithona* sp. 1が9～11月に多量に出現した．

6．*Oncaea* spp. と *Microsetella norvegica* は，周年，沿岸外洋種と同様な分布であったが，*M. norvegica* の分布は他湾での内湾種的出現状況からみて例外的な結果といえる．*Corycaeus* spp. は沿岸外洋種と同様な分布をする月と，より湾奥部まで出現量が減少せずに分布する月とがあった．

7．橈脚類ノープリウスでは，*Pseudodiaptomus marinus* と *Eurytemora pacifica* が出現期を通して湾奥集中分布をなし，これらのノープリウスは強内湾的水塊の良い指標生物であるといえる．

8．*Acartia steueri, Oithona simplex, O. oculata, O.* sp. 1は，これまでの我国内湾性橈脚類の分布に関する研究では報告がなく，これらは他の近縁な種と分類上混同されていた可能性もある．

文　献

1）上田拓史　1980：志々伎湾の動物プランクトンに関する研究—I．1975年4月から8月までの動物プランクトンの組成と橈脚類の分布．西水研研報，(54)，171-194.

2）I. Yamazi 1956: Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan XIX. Regional characteristics and classification of inlet waters based on the plankton communities. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **5** (2), 157-193.

3）玉井一寿　1980：志々伎湾における海水の流動—I．1975年冬季．西水研研報，(54)，157-169.

4）弘田礼一郎　1979：海洋汚染と動物プランクトン．環境科学としての海洋学3（堀部純男編），

340-352, 東京大学出版会, 東京.

5) 広海十朗 1981：本邦周辺海域に出現した Paracalanidae 3種. 日本プランクトン学会報, **28** (2), 153-164.

6) V. N. Andronov 1970: Some problems on taxonomy of Paracalanidae (Copepoda). *Zool. Zhur.*, **49**, 980-985.

7) T. Mori 1937: The pelagic Copepoda from the neighbouring waters of Japan. 1-150, pls. 1-80, Yokendo, Tokyo.

8) Q. Chen, S. Zhang, and C. Zhu 1974: On planktonic copepods of the Yellow Sea and the East China Sea II. Cyclopoida and Harpacticoida. *Studia Marina Sinica*, (9), 27-76, pls. 1-24.

9) S. Nishida, O. Tanaka, and M. Omori 1977: Cyclopoid copepods of the family Oithonidae in Suruga Bay and adjacent waters. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **24** (2), 119-158.

10) H. Ueda, A. Kuwahara, M. Tanaka, and M. Azeta 1982: Underwater observations on copepod swarms in temperate and subtropical waters. (submitted to *Mar. Ecol. Prog. Ser.*)

11) I. Yamazi 1952: Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan V. The plankton of Hirosima Bay in the Seto-naikai (Inland Sea). *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **2** (2), 319-330.

12) I. Yamazi 1955: Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan VIII. The plankton of Miyazu Bay in relation to the water movement. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **4** (2-3), 269-284.

13) I. Yamazi 1953: Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan IX. The plankton of Onagawa Bay on the eastern coast of Tohoku district. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **3** (2), 173-187.

14) I. Yamazi 1953: Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan X. The plankton of Kamaisi Bay on the eastern coast of Tohoku District. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **3** (2), 189-204.

15) I. Yamazi 1955: Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan XVI. The plankton of Tokyo Bay in relation to the water movement. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **4** (2-3), 285-309.

16) R. Hirota 1974: Occurrence of zooplankton in Ariake-kai, western Kyushu, I. Regional occurrence of the important zooplankton in the warmer season. *Kumamoto J. Sci., Biol.*, **12** (1), 1-15.

17) R. Hirota 1979: Occurrence of zooplankton in Ariake-kai, western Kyushu, III. Regional occurrence of the important zooplankton in the colder season. *Kumamoto J. Sci., Biol.*, **14** (2), 33-41.

18) R. Hirota and M. Hara 1975: Zooplankton investigations in Yatsushiro-kai, western Kyushu, I. Regional and seasonal occurrences of the important zooplankton. *J. Occanogr. Soc. Japan*, **31** (3), 115-123.

19) 弘田 禮一郎 1980：瀬戸内海の動物プランクトン. 月刊海洋科学, **12** (10), 730-737.

20) 伊藤栄樹・飯塚昭二 1979：大村湾における動物プランクトンに関する研究—I. 橈脚類の季節的出現. 長大水産学部研報, (47), 5-14.

21) A. Valbonesi and E. Harada1980: The vertical distributions of some copepods and a mysid in a near-shore water of Tanabe Bay. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **25** (5/6), 445-460.

22) 鶴田新生・山田真知子 1978：洞海湾における水質環境とプランクトンの性状—I. ネットプランクトンの分布. 水産大学校研究報告, **27** (1), 101-111.

23) 上田拓史 1978：内湾性かいあし類の世代解析—特に *Acartia clausi* について—. 日本プランクトン学会報, **25** (1), 55-66.

24) 高崎隆志・風呂田利夫 1977：新浜湖の水質とプランクトン. 千葉県新浜水鳥保護区生物調査報告II, 昭和51年度, 新浜研究会, 132-141.

25) 浜田七郎 1980：志々伎湾の海況特性. 西水研研報, (54), 141-155.

西水研研報 第58号 昭和57年10月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No.58 Oct. 1982

コウライエビの資源解析

庄嶋 悦子・大滝 英夫

Stock Assessment of the Korai Prawn, *Penaeus orientalis*

Etsuko SHOJIMA and Hideo ŌTAKI

The Korai prawn, *Penaeus orientalis* is a commercially important species in the Po-hai Bay and the Yellow Sea.

In winter season, adult prawns migrate from spawning ground, the Po-hai Bay to wintering ground, the Yellow Sea, and females are preferably caught by the commercial fishery for their large size and high economic value.

In this report, assessment of the prawn stock was made principally based on the female catch records of Japanese trawl fishery for the years 1952-1978. The results obtained can be summarized as follows:

1) Growth of the female prawn older than 3 months was estimated based on the published and the observed data of prawn size corresponding to season, that is

$$CL_t = 56.77\ (1 - e^{-0.7823\ (t - 2.2433)})$$

where, CL_t: Carapace length in millimeter at age, t, on monthly scale.

The relationship between carapace length and body weight could be expressed by $W = 0.0119\ CL^{2.1875}$

where, W: body weight in gram, CL: Carapace length in millimeter.

2) Decreasing trends of biomass calculated with various survival rates were examined to evaluate survival rate which is applicable to the prawn older than 6 months. Considering that maximum age is approximately 12 months, survival rate, $S = 0.75$ would be adequately given for virgin stock or unexploited stock assumed to be subjected to natural mortality only. And, natural mortality coefficient was calculated, as $M = 0.288$, on monthly scale.

3) Stock size was estimated for fishable stock, total stock and virgin stock by using exploitation rate and availability which are calculated based on monthly catch data. According to the stock size estimates, parental stock in recent years seem to remain at low level, less than 30% of unexploited parental stock.

4) Examination on variations in parental stock level with fishing mortality and

昭和57年6月14日受理 (Received June 14, 1982)
西海区水産研究所業績第398号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 398)

analysis of yield isopleth diagram indicated that fishing mortality in recent years exceeded the optimum level.

5) With some exceptional year classes, relationship between parental stock, A, and recruitment, R, can be expressed by Ricker's reproduction curve

$$R=6.9282\,A\,e^{-6.9241\times10^{-9}A}$$

The resulting maximum recruitment was shown as 3.7×10^{8} prawns and the corresponding parental stock size was shown as 1.4×10^{8} prawns.

6) To obtain some indications for stock abundance, estimations using three different methods (Doi RAP, virtual population analysis and area-swept method) were made and later compared. Estimate obtained using Doi RAP was similar to that of virtual population analysis, while area-swept method provided a considerably higher estimate.

ま え が き

コウライエビは，4～5月頃に主として渤海，黄海北部および中部沿岸で発生，生育し，11月中旬以降黄海漁場に来遊してわが国の漁船に漁獲される（この時期のエビを一般に下りエビという)。そして，12月から翌年の2～3月にかけて済州島北西方水域で越冬し，3～4月上旬頃になると次第に北上を始め（この時期のエビを上りエビという)，わが国漁船の操業範囲を離れて産卵場に回帰する（Fig. 1)．従って，以西底びき網漁業におけるコウライエビの漁期は，通常11月中旬から翌年の4月までの間である．

本種は，若干の例外を除き，1年で成熟，産卵し寿命を終える[1,2,3]，1尾当りの産卵数は20～100万粒といわれている[3,4,5]．

発生後の生残りは，産卵・生育期における自然環境の影響を受け[6,7,*]，漁獲量の年変動は大きい（Fig. 2, 3)．

本種は，この海域の底魚類の中では経済的価値が極めて高い種類であることから，わが国ばかりでなく，中国および韓国等の漁船によっても漁獲され，本種に対する漁獲強度は相当に大きいものと考えられる．

* 庄嶋・大滝(未発表)

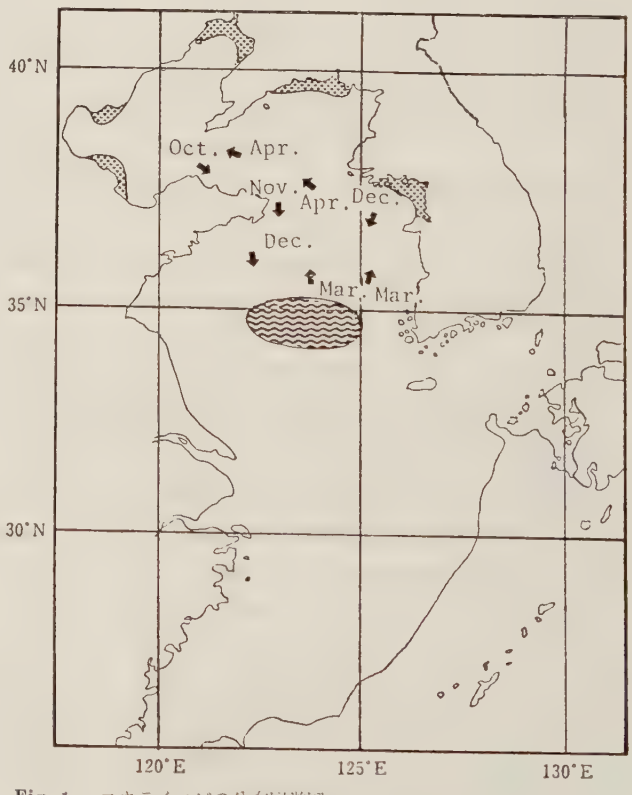


Fig. 1. コウライエビの分布回遊図
Map showing distribution and migration of korai prawn.
: spawning ground, : wintering ground

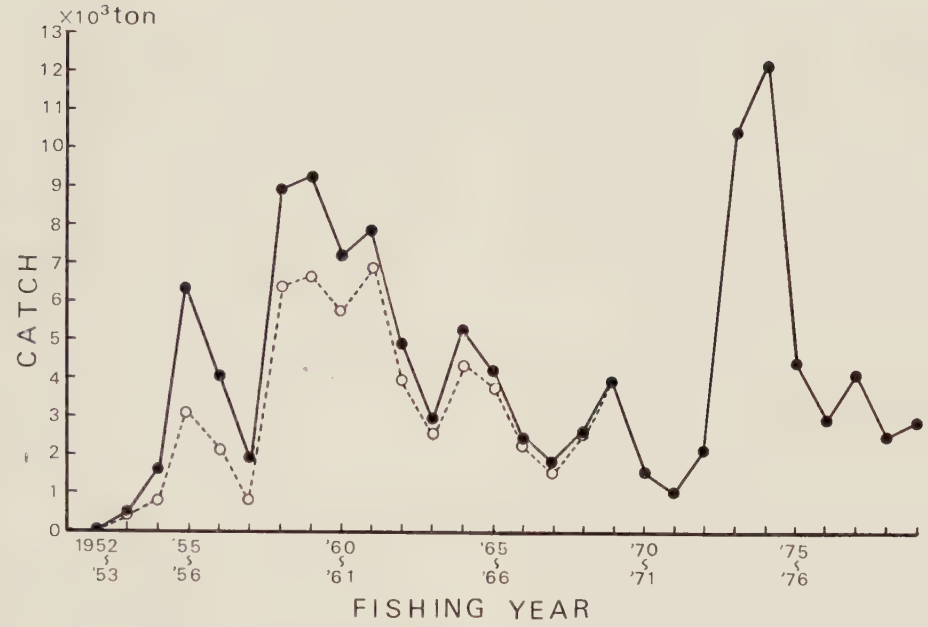


Fig. 2. 日本のコウライエビ漁獲量
Japanese korai prawn catch, 1952-1979.
● : Trawl and Bull trawl combined ○ : Bull trawl only

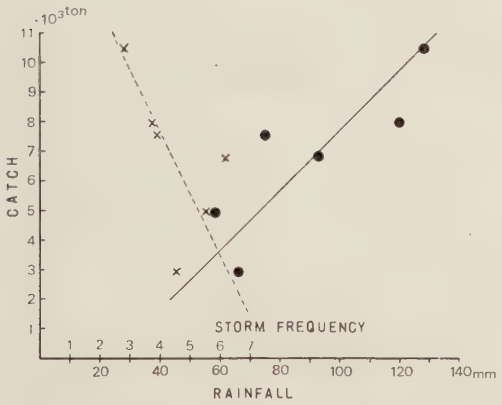


Fig. 3. 産卵・生育期における北風強風回数および降雨量と秋漁の関係
Autumn catch of korai prawn plotted against number of storms (rough northerly wind, ×) during May-June and rainfall, ●, during April June (Data from Men, 1963).

中国における漁獲状況は正確にはわからないが，渤海湾で，沿岸漁業により未成熟時代に相当量漁獲され，黄海に出てからは底びき網漁業によって漁獲されている．最近明らかにされた1970年代の中国の漁獲量は，1～4万トンとわが国のそれに比べて非常に多い[8,9]．

一方，韓国漁船は，近年次第に沖合へ進出し，わが国と同じ海域での操業も増加しているが，コウライエビの漁獲量は最高でも1,600トンにすぎない（Table 1）．

先に，著者ら[10]は1971～'78年漁期の8年間の2そうびき以西底びき網漁業の漁獲統計資料を用いて，土井の迅速資源解析法[11,12]（土井ラップ）により資源解析を試みた．その結果，近年のコウライエビにかかる漁獲強度はかなり高いと診断された．しかし，資料期間が短かかったので，更に多くの年について同様の解析を行い，合わせて，不十分であった親仔関係を明らかにするため，1952年漁期に遡り検討を行った．

この報告をまとめるに当たり，ご懇篤な教示をいただいた日本エヌ・ユー・エスKK土井長之博士（元東海区水産研究所）に対し心からの謝意を表する．ま

Table 1. コウライエビの国別漁獲量
Annual catches of the korai prawn by country. u : tons

Season	1970～'71	1971～'72	1972～'73	1973～'74	1974～'75	1975～'76	1976～'77	1977～'78	1978～'79	1979～'80
China*	14,398	13,231	11,941	32,558	39,921	29,145	9,978	25,080	38,381	33,000
Korea	70	37	313	1,051	731	346	98	563	664	1,567
Japan	1,595	1,017	2,168	10,520	12,330	4,504	3,000	4,190	2,596	2,940

*Chinese catch is shown by calendar year.

た，貴重なご意見をいただいた当研究所資源部竹下貢二浮魚資源第1研究室長および校閲をお願いした真子渺部長にお礼申し上げる．

資 料 と 方 法

本研究で使用した資料は，1952年から'78年漁期にわたる水産庁の漁獲統計である．以西底びき網漁業には，1そうびき（トロール）と2そうびき（手繰）とがある。コウライエビに対する両者の漁獲割合は，1957年漁期まではほぼ半々であったが，1そうびきが次第に海外に転換し姿を消したため，1968年漁期以降は2％にも満たない状態になった．従って，本解析では，1967年漁期までは1そうびきと2そうびきの合計漁獲量，1968年漁期以降は2そうびきのみの漁獲量を用いた．

なお，この統計は1965年までは入港月集計，その後は操業月集計となっているため，厳密には両者の集計に半月程度のずれがみられるが，ここではこのずれを無視した．

また，本種の統計は，1965年12月18日以降雌雄別に集計されているが，それ以前は区別されていない．そこで，1961年漁期から1964年漁期については，主要漁業会社の操業報告書をもとに計算した月毎の性比を用いて雌雄別数量を求めた．さらに，1960年漁期以前については，上記4年間の月別平均性比によって配分し，また，1965年漁期の12月17日以前については18日以降の性比を用いた．

雌雄別の漁獲量をみると，初漁期と終漁期に雄の割合が増加するが，雌を上回ることはない．そして，越冬期ではほぼ雌が80％以上を占め**)，全体としても雌が圧倒的に多く，大型のため経済価値も高い．従って，ここでは雌の漁獲量を用いて資源の解析を行った．

解析に先だち，既往の報告や当所の調査結果をもとに本種の生活史を整理し，成長式，体長—体重関係式を求めた．これらを基礎に上井ラッフに従い資源量を計算し，資源診断を行った．計算処理に当たっては漁業情報センター（株）を利用した．更に，この結果をもとに親仔関係について検討を行い，合わせて Virtual Population Analysis（VPA）および掃過面積法による資源量推定結果との対比を行った．

得 ら れ た 結 果

1． 系統群および成長

本種には渤海系統群と朝鮮半島西岸系統群があり，越冬期の2，3月には両系統群が混在しているとみられるが，後者は僅かで，渤海系統群がほとんどを占めている[3,13,14]．

前述のように，コウライエビの寿命は1年で，ほと

**) 庄嶋・大滝(未発表)

Table 2. コウライエビの成長に関する知見
Summary of growth information for korai prawn. U:cm (total length)

Author	Post larva	Young prawn Late June	Early Middle July	Early August	Early September	Middle September	Early December
FAN(1958)			2.5		14 Maximum 16		
SHEN·LIU (1976)	0.6			10	15		
OKA(1967)		2.7				14	
Authors							18.7

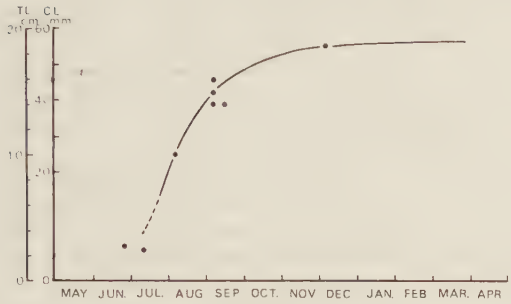


Fig. 4. コウライエビ（雌）の成長曲線
Growth curve of female korai prawn. Curve is drawn by freehand.
TL:total length, *CL*:carapace length.

Table 3. コウライエビ（雌）の成長
Growth of female korai prawn calculated from Bertalanffy's equation.

Age (months)		*CL* mm	*BW* g
3	Aug.	25.3 (24.8)	14.0
4	Sep.	42.4 (42.4)	43.1
5	Oct.	50.2 (49.3)	62.4
6	Nov.	53.8 (54.0)	72.5
7	Dec.	55.4 (55.5)	77.4
8	Jan.	56.1	79.7
9	Feb.	56.5	80.7
10	Mar.	56.6	81.2
11	Apr.	56.7	81.5

CL : Carapace Length
BW : Body weight
Figures in parentheses indicates projected value of prawn size from Fig. 4.

んどが産卵後死亡するといわれている．本種の成長に関する詳しい研究はないが，沈・劉[3]，范[15]，岡[16]の報告にある断片的な全長ならびに著者らの結果をTable 2 に示した．Fig. 4 はこれをもとにフリーハンドで描いた成長曲線で，同図には全長（*L*）と頭胸甲長（*CL*）が示してあるが，両者の関係は，当所の測定結果から次式で示される．

$$TL = 29.37 + 2.85\,CL$$

（単位：mm）

Fig. 4 から，それぞれ8月（齢：3ケ月），9月（齢：4ケ月），10月（齢：5ケ月），11月（齢：6ケ月），12月（齢：7ケ月）

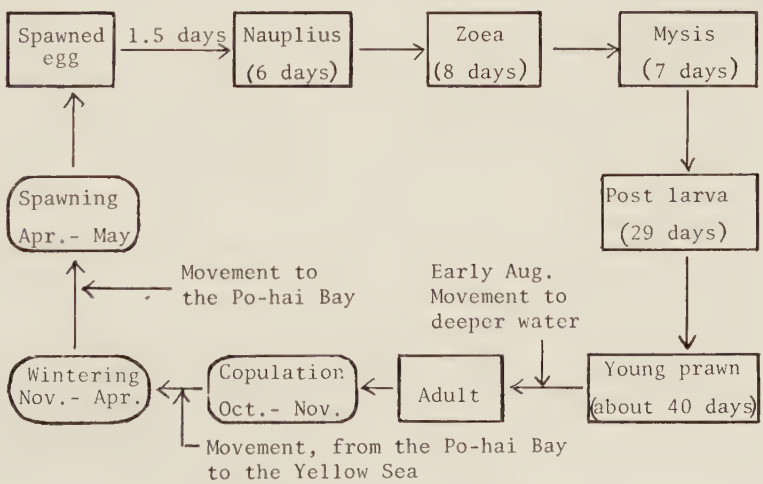


Fig. 5. コウライエビ（雌）のライフサイクル
Schematic representation of life cycle for female korai prawn.

の頭胸甲長を読みとり，Von Bertalanffy の式にあてはめると次の成長式を得る．

$$CL_t = 56.77(1-e^{-0.7823(t-2.2433)})$$

t：(月数) ただし，$t \geqq 3$

この式によって計算された頭胸甲長と，著者らの次式による体重 (W) を Table 3 に示した．

$$W = 0.0119\ CL^{2.1875} \quad (W: g,\ CL: mm)$$

上述[3,15,16]の知見をもとに著者らの考えを加えて，コウライエビのライフサイクルを示すと Fig. 5 のようになる．

2. 自然死亡係数の推定

いま，仮に漁業が行われていない資源を想定する．Fig. 5 に示したように稚エビは，8月上旬に生後3ケ月で沿岸を離れ沖合へ移動する．この段階での自然死亡はまだ相当に大きいと思われる．しかし，11月に入り黄海へ来遊する頃には，十分に成長して親になっているので自然死亡は減少し生残率は安定していると考えられる．そこで，11月つまり生後6ケ月目の資源尾数を N_6 とし，その後の月当り生残率を S_v とすると，t 齢の資源重量 (P_t) は次式で示される．

$$P_t = N_6 S_v^{t-6} W_t \quad (W_t: t\text{ 齢の体重})$$

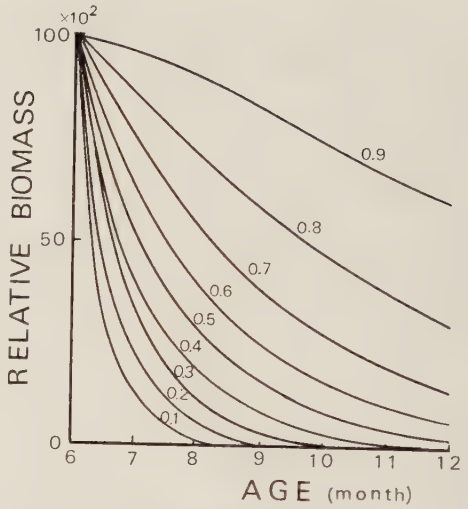


Fig. 6. 齢（月）別相対的資源重量の変化
図中の数字は生残率
Change of relative biomass as a function of age of female korai prawn for various survival rates. Numbers by each curve are the value of survival rate.

Table 4. いろいろな生残率に対応する資源量の相対値
Relative value of biomass, in number, N, and in weight, P, of female korai prawn by age group for various survival rate, S.

Age group (months)	Weight (g)	S=0.1		S=0.2		S=0.3		S=0.4		S=0.5
		N	P	N	P	N	P	N	P	N
6	72.49	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
7	77.38	1,000	1,068	2,000	2,135	3,000	3,203	4,000	4,270	5,000
8	79.68	100	110	400	440	900	989	1,600	1,759	2,500
9	80.74	10	11	80	89	270	301	640	713	1,250
10	81.23	1	1	16	18	81	91	256	287	625
11	81.46			3	3	24	27	102	115	312
12	81.56			1	1	7	8	41	46	156

Age group (months)	Weight (g)	S=0.5	S=0.6		S=0.7		S=0.8		S=0.9	
		P	N	P	N	P	N	P	N	P
6	72.49	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
7	77.38	5,338	6,000	6,405	7,000	7,473	8,000	8,540	9,000	9,608
8	79.68	2,748	3,600	3,957	4,900	5,386	6,400	7,035	8,100	8,904
9	80.74	1,392	2,160	2,406	3,430	3,820	5,120	5,703	7,290	8,120
10	81.23	700	1,296	1,452	2,401	2,691	4,096	4,590	6,561	7,352
11	81.46	351	778	874	1,681	1,889	3,277	3,682	5,905	6,635
12	81.56	176	467	525	1,176	1,323	2,621	2,949	5,314	5,979

ここで，$N_6(P_6)$ を10,000として生残率を0.1から0.9まで変化させた場合の資源量を計算すると，Table 4 および Fig. 6 が得られる．

Fig. 6 によると，生残率が0.1～0.5では，寿命が1年のこのエビは産卵期にはほとんど生残らないことになり，また，0.9ではその時期になっても，まだ大半の資源が残っていることになり現実的ではない．全般的にみて，生残率は0.75位がもっともらしい値とみられる．すなわち，黄海漁場に来遊してから以後のコウライエビの月当りの自然死亡係数は，$M=-\log_e S_v$ により，$M=0.288$ と見積られる．

しかし，それ以前の自然死亡は相当に大きく，特に初期の減耗は，環境の変化にかなり左右されると思われる．因みに，産卵数を N_o とし，孵化から黄海へ来遊するまでの月当り生残率を S_o，その後の生残率を S_v とすると，親エビの量は $N_oS_o^6S_v^6$ で示され，親エビ1尾の有効卵数を E 粒とすると，総産卵数は，性比を1：1として $E\times\frac{N_oS_o^6S_v^6}{2}$ で与えられる．そして，資源の平衡条件として $E\times\frac{S_o^6S_v^6}{2}=1$ となる．$S_v=0.75$，$E=50$ 万粒としてこれを解くと $S_o^6=0.0000225$ が得られる．従って，孵化から加入までの6ケ月間の自然死亡係数は10.70，月当りの生残率は0.168と推定される．

しかし，実際の生残率は発育段階によって著しく変化するものと思われ，発生初期はもっと小さいはずで

Table 5. 年級群別齢(月)別コウライエビ(雌)の漁獲尾数
Female korai prawn catch in number, by age group for each year class, 1952-1978.

U：10^3

Age(months) \ Year class		1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
6	Nov.	0.2	0	10.3	109.0	6.7	7.3	667.8	0	25.9
7	Dec.	1.6	1.0	691.4	5,588.4	4,082.0	2,597.5	18,348.7	636.1	1,581.0
8	Jan.	9.1	15.4	1,873.6	4,933.9	4,492.4	2,983.9	16,151.9	22,484.2	17,053.1
9	Feb.	132.4	241.0	2,297.4	2,300.2	2,379.4	1,660.1	11,862.6	14,523.7	9,593.2
10	Mar.	234.0	3,111.0	5,163.1	12,607.6	6,196.7	2,526.7	14,894.9	28,273.0	23,700.5
11	Apr.	7.3	91.1	1,355.4	13,537.3	10,215.1	6,567.6	12,649.1	13,975.6	16,851.0
Total		384.6	3,459.4	11,391.2	39,076.3	27,372.4	16,343.2	74,574.9	79,892.5	68,804.6

Age(months) \ Year class		1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
6	Nov.	23.6	7.1	21.7	257.8	133.0	431.9	12.1	1,650.5	6,240.0
7	Dec.	772.4	2,209.8	1,927.2	5,806.7	11,686.3	6,043.8	2,002.9	9,969.6	10,849.1
8	Jan.	26,929.3	14,439.6	11,483.8	15,450.4	10,428.5	6,840.1	6,702.6	3,789.6	6,252.6
9	Feb.	21,600.8	8,445.7	5,438.3	8,150.9	8,283.2	5,511.6	4,725.5	3,906.0	6,317.0
10	Mar.	6,576.5	11,618.6	6,078.5	12,733.6	3,871.0	3,662.8	3,558.1	2,922.7	4,960.2
11	Apr.	25,451.8	10,838.4	3,404.2	6,722.3	778.3	31.8	351.6	489.0	426.6
Total		81,354.4	47,559.2	28,353.6	49,121.5	35,180.3	22,522.0	17,352.8	22,727.4	35,045.5

Age(months) \ Year class		1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
6	Nov.	1,138.9	67.4	819.2	12,015.4	29,662.6	202.1	5,491.1	2,660.8	847.0
7	Dec.	8,294.6	6,241.2	10,746.5	27,110.2	50,989.6	12,459.8	15,908.6	23,529.7	15,778.7
8	Jan.	4,036.7	3,407.2	7,331.6	33,625.6	26,568.5	20,286.1	8,113.4	16,920.2	11,674.4
9	Feb.	2,212.9	1,820.2	3,574.2	19,993.7	14,211.0	18,663.7	4,058.8	6,610.2	2,708.8
10	Mar.	1,999.0	685.1	2,687.6	21,360.8	14,650.8	8,330.8	2,659.2	3,112.1	962.5
11	Apr.	677.9	139.6	814.7	10,155.6*	4,168.9	629.0	210.1	102.1*	53.8
Total		18,360.0	12,360.7	25,973.8	124,261.3	140,251.4	60,571.5	36,441.2	57,935.1	32,025.2

* Included catch in May.

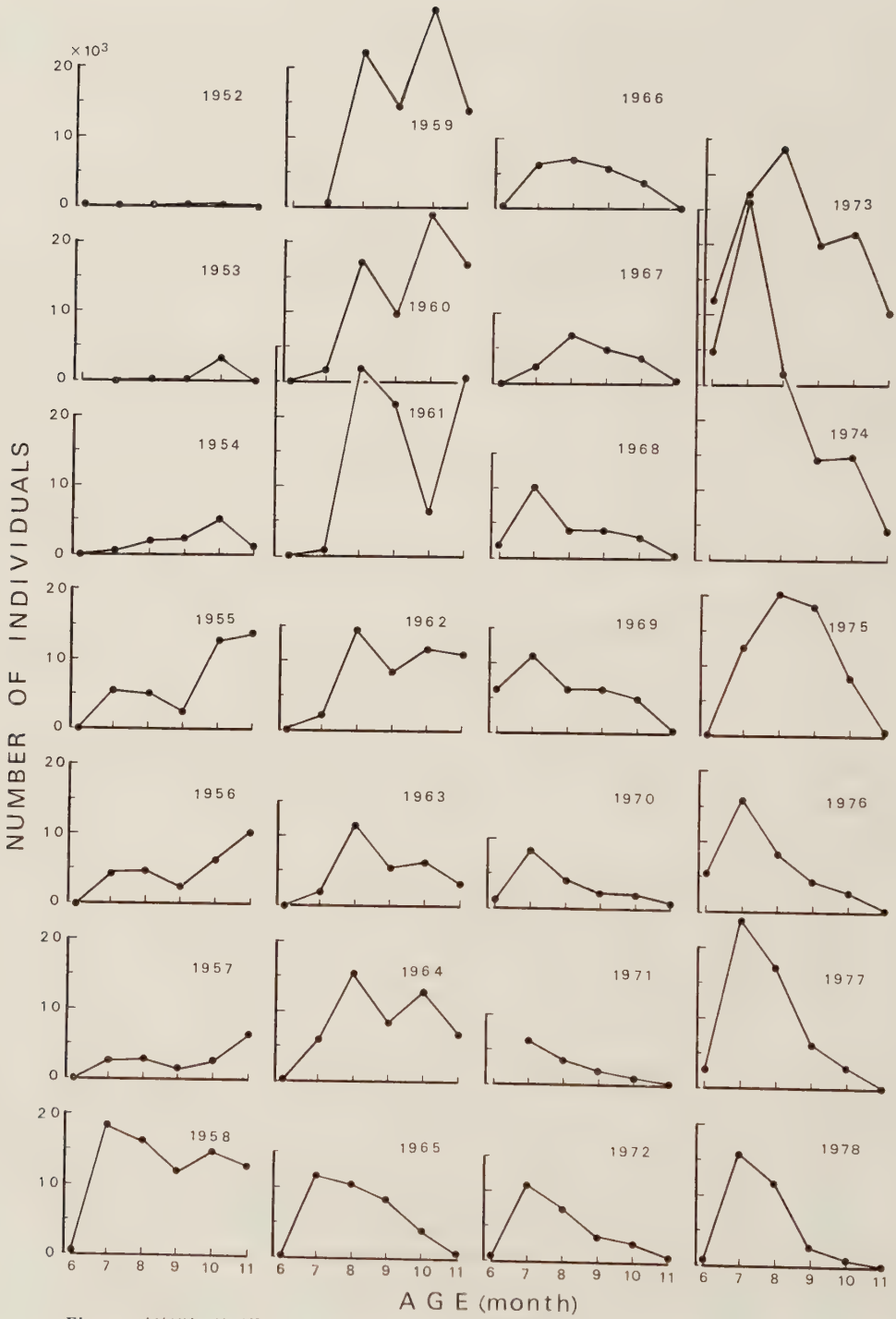


Fig. 7. 年級別，齢（月）別コウライエビ（雌）の漁獲尾数
Female korai prawn catch in number by age group for each year class.

ある．例えば，방・노[17]によると，飼育下の卵からPost larvaまでの間の生残率は0.045となっている．この期間は，前掲のライフサイクルからみて約22日であるから，1ケ月当りの生残率は0.015とかなり低い値となる．また，변[18]の飼育実験によると，6期Nauplius から Post larvaまでの生残率は0.077となっている．この値と방・노[17]による卵からNauplius までの生残率0.65を用いると，卵から Post larvaの生残率は両者の積で0.050，月当り0.017となる，いずれにしても，上述の生残率 0.168 の 1/10 程度という低い値である．

3. 漁獲死亡係数と漁獲率および漁業の利用度

Fig. 2 にみられるように，本種の漁獲量の年変動は大きい．1958～'61年と1973，'74年漁期に山がみられ，特に1973，'74年漁期の漁獲量は史上最高の10.5千トンおよび12.3千トンであった．しかし，1978年漁期には2.6千トンと減少している．

年級群別の齢（月）別雌の漁獲尾数を Table 5 および Fig. 7 に示した．各年級の齢別尾数変化は，年代によって3つの異なる型を示す．すなわち，第1の型は初期の1952～'54年級で，漁期末の3月のみにピークを示す．第2の型は1955～'64年級で，漁期初めの12月か1月（齢：7，8ケ月）と漁期末の3月もしくは4月（齢：10，11ケ月）にそれぞれピークをもつ

Table 6. 年級群別月当りの生残率，全死亡係数，漁獲死亡係数および漁獲率
Survival rate, *S*, total mortality coefficient, *Z*, fishing mortality coefficient, *F*, and rate of exploitation, *E*, on monthly scale, for each year class of female korai prawn.

Year class	*S*	*Z*	*F*	*E*
1952	0.6088	0.4963	0.2086	0.1644
1953	0.6088	0.4963	0.2086	0.1644
1954	0.6088	0.4963	0.2086	0.1644
1955	0.6088	0.4963	0.2086	0.1644
1956	0.6088	0.4963	0.2086	0.1644
1957	0.6088	0.4963	0.2086	0.1644
1958	0.6088	0.4963	0.2086	0.1644
1959	0.6088	0.4963	0.2086	0.1644
1960	0.6088	0.4963	0.2086	0.1644
1961	0.6088	0.4963	0.2086	0.1644
1962	0.6088	0.4963	0.2086	0.1644
1963	0.6802	0.3854	0.0978	0.0811
1964	0.6088	0.4963	0.2086	0.1644
1965	0.6457	0.4374	0.1497	0.1213
1966	0.5424	0.6117	0.3241	0.2424
1967	0.5628	0.5748	0.2871	0.2184
1968	0.5923	0.5239	0.2361	0.1838
1969	0.6625	0.4117	0.1241	0.1017
1970	0.5666	0.5682	0.2805	0.2140
1971	0.4770	0.7402	0.4526	0.3197
1972	0.5784	0.5475	0.2598	0.2001
1973	0.7163	0.3337	0.0460	0.0391
1974	0.5866	0.5335	0.2458	0.1905
1975	0.5254	0.6436	0.3559	0.2624
1976	0.4871	0.7193	0.4316	0.3078
1977	0.4800	0.7340	0.4463	0.3162
1978	0.4150	0.8795	0.5918	0.3936

2峰型である．2峰型のうち，前半の1955～'57年級では漁期末のピークが高く，漁期初めのそれはあまり高くない．しかし，その後1959，'60年級を別にして逆に漁期初めのピークが高くなる．しかも，漁期末のピークは年と共に次第に低目となる．第3の型は1965年級以降で，すべて漁期初めにのみピークがある．

1952，'53年級が極端に少ないのは，当時，日中・日韓間は無協定の状態で，特に黄海域での安全操業が保証されなかったためである．日中民間漁業協定成立は1955年であるが，その前年あたりから黄海域への出漁ができるようになった．このため，1954年級の漁獲は若干増加している．

1955～'64年級で2峰型がみられるのは，資源水準が高く，また，漁船の漁獲性能が今日に比べれば低かった[19]ため，来遊資源が漁期末まで保存されていたことを示すものと思われる．一方，1965年級以降については，資源水準が低下する中で漁獲性能が格段に向上しており，渤海湾内外における中国の漁業生産も増大しているとみられるので，漁期末まで残るエビが少なくなったのではないかと考えられる．前述の2峰型の時代の後半，1961～'64年級の変化は過渡的な傾向を示すものと思われる．

そこで，齢別，変化の一般的な型を示す1965年級以降と，それに近い1963年級について土井[20]の平均年齢法によって生残率を計算した．1952～'62年級と1964年級については年代が近く，生残率が比較的安定している1963年級と1965～'70年級の7年間の平均値を用いることとした．

これらの年級群別生残率から全死亡係数（Z）を求め，前に得られた自然死亡係数 $M=0.288$ を用い，$Z=M+F$ によって漁獲死亡係数（F），さらに，

Table 7. コウライエビ(雌)の年級群別月別利用度
Availability of female korai prawn by age group for each year class.

Age(months) \ Year class	1952～	1953～	1954～	1955～	1956～	1957～	1958～	1959～	1960～
0—5 May—Oct.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 Nov.	0.0003	0	0.0006	0.0016	0.0001	0.0002	0.0272	0	0.0003
7 Dec.	0.0026	0.0001	0.0508	0.1086	0.1082	0.1097	1	0.0082	0.0247
8 Jan.	0.0202	0.0027	0.1853	0.1305	0.1620	0.1716	1	0.3867	0.3571
9 Feb.	0.3929	0.0575	0.3140	0.0831	0.1180	0.1315	1	0.3592	0.2872
10 Mar.	1	1	1	0.6173	0.4191	0.2737	1	1	1
11 Apr.	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Age(months) \ Year class	1961～	1962～	1963～	1964～	1965～	1966～	1967～	1968～	1969～
0—5 May—Oct.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 Nov.	0.0005	0.0003	0.0011	0.0089	0.0085	0.0298	0.0010	0.1210	0.4107
7 Dec.	0.0214	0.1124	0.1244	0.2677	1	0.5600	0.2122	1	1
8 Jan.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9 Feb.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10 Mar.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11 Apr.	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Age(months) \ Year class	1970～	1971～	1972～	1973～	1974～	1975～	1976～	1977～	1978～
0—5 May—Oct.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 Nov.	0.1005	0.0081	0.0564	0.1940	0.3984	0.0049	0.2373	0.0823	0.0395
7 Dec.	1	1	1	0.5887	1	0.4048	1	1	1
8 Jan.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9 Feb.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10 Mar.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11 Apr.	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Table 8. コウライエビ（雌）の年級群別漁獲量と資源量
Catch and population size of female korai prawn by age group for each year class.

Year class	Age group (Months)	Catch		Population size (10^4)		
		Number (10^4)	Weight (ton)	*Nc*	*N*	*Nv*
1952	6	0.024	0.017	0.15	487.83	487.83
	7	0.156	0.121	0.95	365.85	365.87
	8	0.912	0.727	5.55	274.26	274.41
	9	13.236	10.688	80.50	204.91	205.80
	10	23.400	19.010	142.32	142.32	154.35
	11	0.732	0.596	4.45	4.45	115.76
	total	38.460	31.159			
1953	6	—	—	—	6,048.53*	—
	7	0.096	0.074	0.58	4,536.40	4,536.39
	8	1.536	1.224	9.34	3,402.22	3,402.30
	9	24.096	19.458	146.55	2,550.34	2,551.72
	10	311.100	252.734	1,892.06	1,892.06	1,913.79
	11	9.108	7.420	55.39	55.39	1,435.34
	total	345.936	280.910			
1954	6	1.032	0.748	6.28	11,036.02	11,036.01
	7	69.144	53.512	420.52	8,276.12	8,277.01
	8	187.356	149.300	1,139.47	6,147.71	6,207.76
	9	229.740	185.516	1,397.24	4,449.89	4,655.82
	10	516.312	419.446	3,140.13	3,140.13	3,491.87
	11	135.540	110.415	824.33	824.33	2,618.90
	total	1,139.124	918.937			
1955	6	10.896	7.899	66.27	41,751.28	41,751.23
	7	558.840	432.494	3,398.78	31,304.15	31,313.42
	8	493.392	393.174	3,000.74	22,998.19	23,485.07
	9	230.016	185.739	1,398.92	16,824.93	17,613.80
	10	1,260.756	1,024.224	7,667.73	12,421.16	13,210.36
	11	1,353.732	1,102.789	8,233.19	8,233.19	9,907.76
	total	3,907.632	3,146.319			
1956	6	0.672	0.487	4.09	30,606.88	30,606.87
	7	408.204	315.915	2,482.64	22,954.58	22,955.15
	8	449.244	357.993	2,732.23	16,865.38	17,216.37
	9	237.936	192.134	1,447.09	12,263.24	12,912.27
	10	619.668	503.411	3,768.73	8,993.10	9,684.21
	11	1,021.512	832.153	6,212.68	6,212.68	7,263.15
	total	2,737.236	2,202.093			
1957	6	0.732	0.531	4.45	19,201.63	19,201.72
	7	259.752	201.026	1,579.77	14,400.67	14,401.29
	8	298.392	237.783	1,814.78	10,577.43	10,800.97
	9	166.008	134.052	1,009.64	7,676.83	8,100.73
	10	252.672	205.268	1,536.71	5,615.06	6,075.55
	11	656.760	535.015	3,994.31	3,994.31	4,556.66
	total	1,634.316	1,313.675			

Nc : Fishable population size
N : Total population size
Nv : Unexploited population size
* Estimated by 7 age.

Teble 8. つづき (continued)

Year class	Age group (Months)	Catch		Population size (10^4)		
		Number (10^4)	Weight (ton)	*Nc*	*N*	*Nv*
	6	66.780	48.413	406.15	14,955.63	14,955.68
	7	1,834.871	1,420.034	11,159.41	11,159.41	11,216.76
	8	1,615.187	1,287.111	9,823.32	9,823.32	8,412.57
1958	9	1,186.260	957.910	7,214.65	7,214.65	6,309.43
	10	1,489.488	1,210.044	9,058.84	9,058.84	4,732.07
	11	1,264.907	1,030.430	7,692.98	7,692.98	3,549.05
	total	7,457,493	5,953.942			
	6	—	—	—	62,961.03*	—
	7	63.612	49.230	386.88	47,220.77	47,220.72
	8	2,248.416	1,791.718	13,674.52	35,360.97	35,415.56
1959	9	1,452.372	1,172.797	8,833.11	24,589.89	26,561.66
	10	2,827.296	2,296.865	17,195.18	17,195.18	19,921.25
	11	1,397.556	1,138.489	8,499.72	8,499.72	14,940.93
	total	7,989.252	6,449.099			
	6	2.592	1.879	15.76	51,875.46	51,875.44
	7	158.100	122.356	961.54	38,904.37	38,906.58
	8	1,705.307	1,358.926	10,371.42	29,042.53	29,179.95
1960	9	959.315	774.651	5,834.41	20,317.45	21,884.95
	10	2,370.047	1,925.401	14,414.27	14,414.27	16,413.72
	11	1,685.099	1,372.730	10,248.52	10,248.52	12,310.28
	total	6,880.460	5,555.943			
	6	2.364	1.714	14.38	29,237.09	29,237.07
	7	77.244	59.780	469.79	21,925.78	21,927.80
	8	2,692.931	2,145.944	16,378.00	16,378.00	16,445.86
1961	9	2,160.083	1,744.277	13,137.30	13,137.30	12,334.39
	10	657.648	534.266	3,999.71	3,999.71	9,250.79
	11	2,545.175	2,073.374	15,479.37	15,479.37	6,938.09
	total	8,135.445	6,559.355			
	6	0.708	0.513	4.31	15,950.53	15,950.52
	7	220.980	171.020	1,343.97	11,962.28	11,962.89
	8	1,443.959	1,150.662	8,781.94	8,781.94	8,972.17
1962	9	844.572	681.996	5,136.56	5,136.56	6,729.12
	10	1,161.863	943.885	7,066.28	7,066.28	5,046.84
	11	1,083.840	882.927	6,591.75	6,591.75	3,785.13
	total	4,755.922	3,831.003			
	6	2.172	1.575	26.78	25,464.86	25,464.85
	7	192.720	149.149	2,375.76	19,096.77	19,098.64
	8	1,148.376	915.118	14,156.64	14,156.64	14,323.98
1963	9	543.828	439.143	6,704.05	6,704.05	10,742.98
	10	607.848	493.809	7,493.26	7,493.26	8,057.24
	11	340.416	277.312	4,196.49	4,196.49	6,042.93
	total	2,835.360	2,276.106			

Teble 8. つづき (continued)

Year class	Age group (Months)	Catch		Population size (10^4)		
		Number (10^4)	Weight (ton)	*Nc*	*N*	*Nv*
1964	6	25.776	18.687	156.77	17,621.21	17,621.20
	7	580.668	449.387	3,531.53	13,193.77	13,215.90
	8	1,545.035	1,231.208	9,396.67	9,396.67	9,911.93
	9	815.087	658.187	4,957.24	4,957.24	7,433.95
	10	1,273.355	1,034.460	7,744.36	7,744.36	5,575.46
	11	672.228	547.616	4,088.39	4,088.39	4,181.59
	total	4,912.149	3,939.545			
1965	6	13.296	9.639	109.62	12,862.33	12,862.33
	7	1,168.632	904.421	9,635.31	9,635.31	9,646.75
	8	1,042.848	831.024	8,598.23	8,598.23	7,235.06
	9	828.323	668.875	6,829.49	6,829.49	5,426.29
	10	387.096	314.472	3,191.59	3,191.59	4,069.72
	11	77.832	63.404	641.72	641.72	3,052.29
	total	3,518.027	2,791.835			
1966	6	43.188	31.310	178.17	5,986.14	5,986.13
	7	604.380	467.738	2,493.35	4,452.61	4,489.60
	8	684.012	545.075	2,821.87	2,821.87	3,367.20
	9	551.160	445.064	2,273.79	2,273.79	2,525.40
	10	366.276	297.558	1,511.06	1,511.06	1,894.05
	11	3.180	2.591	13.12	13.12	1,420.54
	total	2,252.196	1,789.336			
1967	6	1.212	0.879	5.55	5,763.76	5,763.75
	7	200.292	155.009	917.30	4,321.78	4,322.81
	8	670.260	524.117	3,069.65	3,069.65	3,242.11
	9	472.548	381.584	2,164.17	2,164.17	2,431.58
	10	355.812	289.058	1,629.55	1,629.55	1,823.69
	11	35.160	28.642	161.03	161.03	1,367.77
	total	1,735.284	1,389.289			
1968	6	165.048	119.655	897.91	7,420.51	7,420.50
	7	996.959	771.562	5,423.74	5,423.74	5,565.37
	8	378.960	301.985	2,061.65	2,061.65	4,174.04
	9	390.600	315.411	2,124.97	2,124.97	3,130.53
	10	292.272	237.438	1,590.04	1,590.04	2,347.89
	11	48.900	39.835	266.03	266.03	1,760.92
	total	2,272.739	1,785.886			
1969	6	624.000	452.380	6,136.09	14,940.48	14,940.48
	7	1,084.907	839.626	10,668.42	10,668.42	11,205.36
	8	625.260	498.257	6,148.48	6,148.48	8,404.02
	9	631.704	510.104	6,211.85	6,211.85	6,303.02
	10	496.020	402.961	4,877.60	4,877.60	4,727.26
	11	42.660	34.752	419.50	419.50	3,545.45
	total	3,504.551	2,738.080			

Teble 8. つづき (continued)

Year class	Age group (Months)	Catch		Population size (10^4)		
		Number (10^4)	Weight (ton)	*Nc*	*N*	*Nv*
	6	113.892	82.568	532.27	5,298.84	5,298.84
	7	829.464	641.935	3,876.50	3,876.50	3,974.13
	8	403.668	321.675	1,886.54	1,886.54	2,980.60
1970	9	221.292	178.694	1,034.21	1,034.21	2,235.45
	10	199.896	162.393	934.21	934.21	1,676.59
	11	67.788	55.222	316.81	316.81	1,257.44
	total	1,836.000	1,442.487			
	6	6.740	4.886	21.08	2,610.25	2,610.25
	7	624.120	482.967	1,951.93	1,951.93	1,957.69
	8	340.716	271.483	1,065.59	1,065.59	1,468.27
1971	9	182.016	146.965	569.25	569.25	1,101.20
	10	68.508	55.650	214.26	214.26	825.90
	11	13.956	11.368	43.65	43.65	619.43
	total	1,236.056	973.319			
	6	81.924	59.385	409.47	7,255.43	7,255.43
	7	1,074.648	831.602	5,371.31	5,371.31	5,441.57
	8	733.164	584.187	3,664.50	3,664.50	4,081.18
1972	9	357.420	288.591	1,786.46	1,786.46	3,060.89
	10	268.764	218.320	1,343.34	1,343.34	2,295.66
	11	81.468	66.360	407.19	407.19	1,721.75
	total	2,597.388	2,048.445			
	6	1,201.535	870.975	30,729.92	158,401.67	158,401.67
	7	2,711.015	2,097.885	69,335.55	117,777.39	118,801.25
	8	3,362.556	2,679.294	85,998.98	85,998.98	89,100.94
1973	9	1,999.367	1,614.346	51,134.78	51,134.78	66,825.70
	10	2,136.084	1,735.168	54,631.20	54,631.20	50,119.28
	11	1,015.559	827.226	25,973.40	25,973.40	37,589.46
	total	12,426.116	9,824.894			
	6	2,966.256	2,150.196	15,572.00	39,084.11	39,084.11
	7	5,098.949	3,945.757	26,768.05	26,768.05	29,313.08
	8	2,656.847	2,116.983	13,947.70	13,947.70	21,984.81
1974	9	1,421.099	1,147.436	7,460.37	7,460.37	16,488.61
	10	1,465.079	1,190.102	7,691.25	7,691.25	12,366.45
	11	416.892	339.580	2,188.56	2,188.56	9,274.84
	total	14,025.122	10,890.054			
	6	20.208	14.648	77.00	15,660.80	15,660.80
	7	1,245.983	964.188	4,747.78	11,728.29	11,745.60
	8	2,028.611	1,616.403	7,729.96	7,729.96	8,809.20
1975	9	1,866.371	1,506.961	7,111.75	7,111.75	6,606.90
	10	833.076	676.718	3,174.41	3,174.41	4,955.17
	11	62.904	51.239	239.69	239.69	3,716.38
	total	6,057.153	4,830.157			

Teble 8. つづき (continued)

Year class	Age group (Months)	Catch		Population size (10^4)		
		Number (10^4)	Weight (ton)	*Nc*	*N*	*Nv*
1976	6	549.108	398.040	1,784.19	7,517.59	7,517.59
	7	1,590.863	1,231.069	5,169.13	5,169.13	5,638.19
	8	811.344	646.481	2,636.27	2,636.27	4,228.64
	9	405.876	327.716	1,318.80	1,318.80	3,171.48
	10	265.920	216.010	864.04	864.04	2,378.61
	11	21.012	17.115	68.27	68.27	1,783.96
	total	3,644.123	2,836.431			
1977	6	266.076	192.874	841.48	10,224.54	10,224.54
	7	2,352.972	1,820.817	7,441.40	7,441.40	7,668.41
	8	1,692.023	1,348.208	5,351.12	5,351.12	5,751.31
	9	661.020	533.726	2,090.51	2,090.51	4,313.48
	10	311.208	252.798	984.21	984.21	3,235.11
	11	10.212	8.319	32.30	32.30	2,426.33
	total	5,293.511	4,156.742			
1978	6	84.696	61.395	215.16	5,440.70	5,440.70
	7	1,577.868	1,221.013	4,008.44	4,008.44	4,080.52
	8	1,167.444	930.222	2,965.79	2,965.79	3,060.39
	9	270.876	218.713	688.14	688.14	2,295.29
	10	96.252	78.187	244.52	244.52	1,721.47
	11	5.376	4.379	13.66	13.66	1,291.10
	total	3,202.512	2,513.909			

$E=\frac{F}{F+M}(1-e^{-z})$から漁獲率($E$)が計算される．1952年級から1978年級までの計算値を Table 6 に示した．漁獲率は0.04～0.39とかなり大幅に変化し，特に1973年級は僅かに0.04であった．これはこの年がまれにみる豊漁年で生残率も高く，また来遊のピークが例年より1ケ月遅れたためである．

次に本種に対する漁業の利用度について検討する．前にも述べたように，本種は11月中旬頃になると渤海を出て黄海漁場に来遊し，わが国の漁船の操業範囲に入る．しかし，漁期はじめに，そのすべてが一挙に来遊し漁獲の対象になるのではなく，順次加入し，年により若干のずれがあるが，12月または翌1月になるとそのすべてが来遊する．その時における漁業の利用度は1である．ただ，Fig. 7 で漁期末に漁獲のピークがみられた1952～'57年級と1959，'60年級は，このような一般的なエビ群の来遊様式と異なっているようにみえる．コウライエビが渤海を出て黄海に来遊する理由は，冬季渤海の水温が低下して生息できなくなるためである．渤海の海洋観測資料は皆無であるが，長崎海洋気象台[21]の海況旬報によって隣接する黄海域の状況をみても，上記1960年漁期までの渤海の環境が，本種の回遊のパターンを変えるほど変化したとは考えられない．従って，上記の季節別の漁獲量の変化は，エビ群の来遊様式の差によるものではなく，何らかの理由でエビが漁船の漁獲対象になり難い状況にあったためと考える外ない．

そこで，土井[20]の方法により齢（月）ごとの利用度(Q)を求めた．すなわち，t 齢の資源量を N_t とすると，それからの漁獲量は $C_t=EQ_tN_t$，$t+1$ 齢の漁獲量は $C_{t+1}=EQ_{t+1}N_t\{Q_tS+(1-Q_t)S_v\}$ で示される．両式の関係より次式が得られる．

$$C_{t+1}=Q_{t+1}C_t\left\{S+\frac{(1-Q_t)S_v}{Q_t}\right\}$$

ここで S は年級群の月当り生残率，S_v は漁業がない時の生残率，すなわち，0.75である．この式から，完全加入齢の利用度を1とすれば，それ以前の齢別漁獲量によって利用度が計算できる（Table 7）．

4. 漁獲対象資源尾数と海の中の資源尾数の推定

Table 5 の齢別漁獲尾数を，前項で求めた漁獲率（Table 6）でそれぞれ割ると漁獲対象資源尾数が得られる．また，それを齢別の利用度（Table 7）で割ったものが海の中の資源尾数となる．これらを Table 8 に示した．表の右端欄には，漁業がない場合を想定した資源尾数も掲げた．

5. 資源の診断

(1) 再生産力をもった親の水準

Table 9. 年級群別再生産力をもった親の水準
Level of parental stock and rate of exploitation, *E*, by year class for female korai prawn. Level of parental stock is denoted by the percentage ratio of abundance of exploited parental stock to abundance of unexploited parental stock.

Year class	Level of parental stock	*E**
1952	3.8	0.21
1953	3.9	0.21
1954	31.5	0.21
1955	83.1	0.21
1956	85.5	0.21
1957	87.7	0.21
1958	216.8	0.21
1959	56.9	0.21
1960	83.3	0.21
1961	223.1	0.21
1962	174.2	0.21
1963	69.4	0.10
1964	97.8	0.21
1965	21.0	0.15
1966	0.9	0.32
1967	11.8	0.29
1968	15.1	0.24
1969	11.8	0.12
1970	25.2	0.28
1971	7.0	0.45
1972	23.6	0.26
1973	69.1	0.05
1974	23.6	0.25
1975	6.4	0.36
1976	3.8	0.43
1977	1.3	0.45
1978	1.1	0.59

* on monthly scale.

前項で海の中の資源尾数が年級毎に推定された．ここで，本種が満1年で100%成熟するとすれば，漁期末の資源尾数は次期親エビ数に近いと考えてよい．これより，漁期末の海の中の資源尾数と漁業のない場合の資源尾数との比を求め，この値を指標として資源状態の検討を行うことができる．以下この比の値を再生産力をもった親の水準と定義する（Table 9）．

1958，'61，'62年級の再生産力をもった親の水準は100%を超え，漁業がない場合よりも海の中の資源尾数が多いという異常な結果を示した．また，1955～'57年級，1959，'60，'63，'64年級および1973年級についても，60～80%というかなり高い値が得られた．これらは，Fig. 7 にみられるように，いずれも下りエビと上りエビ漁の2峰型で，1973年級を除いては与えた生残率にも問題があるが，資源量が大きい割に漁獲強度が高くなかったことを示すものと思われる．その他の年級は大体30%以下とかなり低い値を示し，1952，'53，'66，'71年級および1975年級以降は10%以下の低い水準にある．

一般に，再生産力が最大になる所はMSYの水準にあり，その水準は処女資源の½付近にあるといわれている．本種のように1年生のエビの場合に，½が診断の基準として妥当かどうかは問題であるが，これを⅓としても近年はなおそれよりも低いことから，コウライエビにかかる漁獲強度は過大であるということになる．

(2) 現状の漁獲方法による適正漁獲強度

前項で，本種の近年における漁獲強度は過大と診断された．それでは現在の漁業による適正な漁獲強度はどの位かということになる．

そこで，年級ごとに Table 8 に示した初期来遊尾数と漁業の利用度を基にして，漁獲死亡係数を 0.1から1.0まで変化させた時の生残率と漁獲率の各値を用いて，海の中の資源尾数，漁獲対象資源尾数および漁獲尾数とその重量を理論的に計算した．ここでは，1978年級の結果を Table 10 に例示した．

次いで，年級別に漁獲死亡係数に応じた再生産力をもった親の水準を求めると Table 11 になる．これらの結果から漁獲係数と再生産力をもった親の水準ならびに漁獲量の関係を1978年級を例にして Fig. 8 に示した．ここで，再生産力をもった親の水準が50%の時

Table 10. 1978年級を例にした漁獲死亡係数の変化に対応する資源量と生産量
Population size and yield of female korai prawn by age group calculated for various fishing mortality for 1978 year class.

Fishing mortality	Age group (months)	Population size (10^4)			Yield	
		Nv	N	Nc	Number (10^4)	Weight (ton)
$F=0.1$	6	5440.70	5440.70	215.16	17.84	12.93
$S=0.6786$	7	4080.52	4065.16	4065.16	336.98	260.77
$E=0.0829$	8	3060.39	2758.73	2758.73	228.69	182.22
M:0.2877	9	2295.29	1872.15	1872.15	155.19	125.31
Q_6:0.0395	10	1721.47	1270.50	1270.50	105.32	85.55
	11	1291.10	862.19	862.19	71.47	58.22
	6	5440.70	5440.70	215.16	34.06	24.69
$F=0.2$	7	4080.52	4051.27	4051.27	641.24	496.21
	8	3060.39	2487.67	2487.67	393.75	313.74
$S=0.6140$	9	2295.29	1527.55	1527.55	241.78	195.22
$E=0.1583$	10	1721.47	937.99	937.99	148.47	120.60
	11	1291.10	575.97	575.97	91.16	74.26
	6	5440.70	5440.70	215.16	48.81	35.38
$F=0.3$	7	4080.52	4038.70	4038.70	916.18	708.97
	8	3060.39	2243.95	2243.95	509.04	405.61
$S=0.5556$	9	2295.29	1246.77	1246.77	282.83	228.37
$E=0.2268$	10	1721.47	692.72	692.72	157.14	127.65
	11	1291.10	384.89	384.89	87.31	71.12
	6	5440.70	5440.70	215.16	62.23	45.11
$F=0.4$	7	4080.52	4027.32	4027.32	1164.85	901.41
	8	3060.39	2024.69	2024.69	585.62	466.62
$S=0.5027$	9	2295.29	1017.90	1017.90	294.41	237.72
$E=0.2892$	10	1721.47	511.74	511.74	148.01	120.23
	11	1291.10	257.27	257.27	74.41	60.61
	6	5440.70	5440.70	215.16	74.45	53.97
$F=0.5$	7	4080.52	4017.03	4017.03	1389.96	1075.60
	8	3060.39	1827.34	1827.34	632.29	503.81
$S=0.4549$	9	2295.29	831.25	831.25	287.63	232.24
$E=0.3460$	10	1721.47	378.13	378.13	130.84	106.28
	11	1291.10	172.01	172.01	59.52	48.48
	6	5440.70	5440.70	215.16	85.57	62.03
$F=0.6$	7	4080.52	4007.71	4007.71	1593.88	1233.41
	8	3060.39	1649.61	1649.61	656.06	522.75
$S=0.4116$	9	2295.29	678.99	678.99	270.04	218.04
$E=0.3977$	10	1721.47	279.48	279.48	111.15	90.29
	11	1291.10	115.04	115.04	45.75	37.27
	6	5440.70	5440.70	215.16	95.70	69.37
$F=0.7$	7	4080.52	3999.28	3999.28	1778.77	1376.48
	8	3060.39	1489.49	1489.49	662.48	527.87
$S=0.3724$	9	2295.29	554.74	554.74	246.73	199.22
$E=0.4448$	10	1721.47	206.61	206.61	91.89	74.65
	11	1291.10	76.95	76.95	34.22	27.88
	6	5440.70	5440.70	215.16	104.91	76.06
$F=0.8$	7	4080.52	3991.66	3991.66	1946.51	1506.28
	8	3060.39	1345.18	1345.18	655.97	522.68
$S=0.3370$	9	2295.29	453.32	453.32	221.06	178.49
$E=0.4876$	10	1721.47	152.77	152.77	74.50	60.51
	11	1291.10	51.48	51.48	25.10	20.45
	6	5440.70	5440.70	215.16	113.33	82.15
$F=0.9$	7	4080.52	3984.76	3984.76	2098.82	1624.14
	8	3060.39	1215.06	1215.06	639.99	509.94
$S=0.3049$	9	2295.29	370.51	370.51	195.15	157.57
$E=0.5267$	10	1721.47	112.98	112.98	59.51	48.34
	11	1291.10	34.45	34.45	18.15	14.78
	6	5440.70	5440.70	215.16	120.99	87.70
$F=1.0$	7	4080.52	3978.51	3978.51	2237.20	1731.23
	8	3060.39	1097.71	1097.71	617.27	491.84
$S=0.2759$	9	2295.29	302.87	302.87	170.31	137.51
$E=0.5623$	10	1721.47	83.56	83.56	46.99	38.17
	11	1291.10	23.06	23.06	12.96	10.56

Nv : Unexploited population size
N : Total population size
Nc : Fishable population size

Table 11. 年級群別漁獲死亡係数による再生産力をもった親の水準の変化
Changes of parental stock level* with fishing mortality coefficient, *F*, for each year class of female korai prawn.

Year class / *F*	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
0.1	86.91	89.96	85.81	91.25	92.51	93.62	66.86	84.11	84.82
0.2	75.72	80.98	73.92	83.70	86.05	88.10	44.71	71.07	72.26
0.3	66.14	72.92	63.92	77.14	80.46	83.31	29.91	60.32	61.82
0.4	57.91	65.70	55.47	71.44	75.61	79.13	20.01	51.42	53.10
0.5	50.81	59.21	48.29	66.46	71.38	75.49	13.39	44.01	45.79
0.6	44.68	53.39	42.17	62.11	67.69	72.30	8.96	37.82	39.62
0.7	39.37	48.15	36.93	58.28	64.45	69.49	6.00	32.62	34.40
0.8	34.76	43.44	32.43	54.92	61.60	67.02	4.02	28.24	29.97
0.9	30.75	39.20	28.55	51.95	59.09	64.84	2.69	24.53	26.19
1.0	27.25	35.39	25.19	49.32	56.88	62.90	1.80	21.37	22.94

Year class / *F*	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
0.1	73.93	73.29	73.20	72.13	66.98	69.94	72.58	66.26	64.41
0.2	54.66	53.76	53.63	52.13	44.86	49.04	52.76	43.95	41.59
0.3	40.43	39.47	39.34	37.75	34.05	34.49	38.41	29.17	26.91
0.4	29.90	29.00	28.87	27.38	20.13	24.32	28.00	19.38	17.46
0.5	22.12	21.32	21.21	19.89	13.49	17.19	20.44	12.89	11.35
0.6	16.37	15.69	15.59	14.48	9.04	12.19	14.94	8.58	7.39
0.7	12.11	11.55	11.47	10.55	6.05	8.66	10.93	5.71	4.82
0.8	8.96	8.51	8.45	7.74	4.06	6.17	8.01	3.80	3.15
0.9	6.63	6.27	6.22	5.62	2.72	4.41	5.87	2.54	2.07
1.0	4.91	4.62	4.58	4.11	1.82	3.16	4.31	1.69	1.36

Year class / *F*	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
0.1	66.39	66.98	66.67	68.63	64.49	71.19	65.52	66.50	66.78
0.2	44.11	44.87	44.47	47.29	41.69	50.81	43.00	44.25	44.61
0.3	29.34	30.06	29.68	32.72	27.01	36.34	28.27	29.47	29.81
0.4	19.52	20.14	19.81	22.71	17.54	26.06	18.61	19.64	19.93
0.5	13.00	13.49	13.23	15.84	11.41	18.72	12.27	13.10	13.32
0.6	8.66	9.04	8.84	11.08	7.44	13.48	8.10	8.73	8.91
0.7	5.77	6.06	5.91	7.35	4.86	9.73	5.35	5.83	5.96
0.8	3.85	4.06	3.95	5.48	3.18	7.03	3.54	3.89	3.99
0.9	2.57	2.72	2.64	3.87	2.09	5.09	2.35	2.60	2.67
1.0	1.72	1.82	1.77	2.74	1.37	3.69	1.56	1.74	1.79

* See Table 9 for parental stock level.

の漁獲死亡係数を適正水準とみなすと，Table 12 の第2欄のようになる．これらを同表第5欄の現在の漁獲死亡係数と比較すると，1952～'57年級，1959～'65年級，1969年級および1973年級は，いずれも適正水準以内にあり，これら以外の年級は，適正漁獲強度を超えているということになる．また，仮に適正水準を30%とした場合，1971年級を除く1975年級以前は適正漁獲強度の範囲にあるが，1971年級並びに1976年級以降の漁獲強度は過大ということになる（Table 11）．

このように，理論的に計算した海の中の資源と漁業がない場合の資源の割合からみても，コウライエビにかかる近年の漁獲強度はかなり過大であるように思われる．

(3) 等漁獲量曲線による漁獲開始齢と漁獲効果

Table 12. 適正水準と現在の水準における生産量の比較
Comparison of yield at optimum level to present level.

Year class	Optimum level			Present level			(A) / (B)
	F	Y (ton)	Y/F (A)	F	Y (ton)	Y/F (B)	
1952	0.515	79	153	0.209	42	201	0.761
1953	0.665	960	1,444	0.209	426	2,038	0.709
1954	0.475	1,611	3,392	0.209	914	4,373	0.776
1955	0.975	6,263	6,424	0.209	2,147	10,273	0.625
1956	1<			0.209	1,320		
1957	1<			0.209	820		
1958	0.175	2,111	12,063	0.209	3,519	16,837	0.716
1959	0.420	8,769	20,879	0.209	5,300	25,359	0.823
1960	0.445	7,271	16,339	0.209	4,565	21,842	0.748
1961	0.230	5,396	23,461	0.209	5,009	23,967	0.979
1962	0.225	3,000	13,333	0.209	2,862	13,694	0.974
1963	0.225	4,678	20,791	0.098	2,400	24,490	0.849
1964	0.215	3,347	15,567	0.209	3,320	15,885	0.980
1965	0.175	2,592	14,811	0.150	2,326	15,507	0.955
1966	0.195	1,167	5,985	0.324	1,618	4,994	1.198
1967	0.220	1,050	4,773	0.287	1,286	4,481	1.065
1968	0.170	1,550	9,118	0.236	1,904	8,068	1.130
1969	0.160	3,277	20,481	0.124	2,715	21,895	0.935
1970	0.170	1,066	6,271	0.280	1,555	5,553	1.129
1971	0.175	544	3,109	0.453	954	2,106	1.476
1972	0.169	1,484	8,781	0.260	2,360	9,077	0.967
1973	0.185	28,937	156,416	0.046	8,862	192,652	0.812
1974	0.159	8,274	52,038	0.246	11,109	45,159	1.152
1975	0.207	2,953	14,266	0.356	4,143	11,638	1.226
1976	0.167	1,563	9,359	0.432	2,243	5,912	1.803
1977	0.165	2,126	12,885	0.446	3,728	8,359	1.541
1978	0.175	1,140	6,514	0.592	2,120	3,581	1.819

F : Fishing mortality coefficient
Y : Yield

Table 7 に示すように，齢別の利用度が1になるのは，1960年級まではほぼ齢10ケ月あるいは11ケ月，その後は7または8ケ月であろ．そこで，漁獲開始齢と漁獲死亡係数を変化させながら，前項と同様の計算で等漁獲量曲線図を作成した．Fig. 9 では漁獲強度が非常に低かった時代，かなり高かった時代および近年の非常に高い時代の例として1955，'65 および '78年級の3例を示した．図上再生産力をもった親の水準が50%，30%，15%の水準における値を点線で示し，現状点を×点で示した．この結果，現状点は1960年級以前はほとんどが50%線より左側にあり，よい状態ということになるが，これらの年級は，1955年級の図でもわかるように，漁獲開始齢が10ケ月以上にあった場合の状態であろ．1960年代の各年級では，1965年級の例でもわかるように，現状点は50%の近傍にあり，まあよい状態といえよう．しかし，1970年代の年級では1973年級を除くとほとんどが現状点は1978年級のように50%線より右側にあり，良い状態とはいえない．そしてまた，1960年級以前でも，漁獲開始齢を7.7ケ月までひき下げると，当時の漁獲死亡係数0.21であれば再生産力をもった親の水準は50%となる．

そこで，漁獲死亡係数を適正水準にした場合，どの

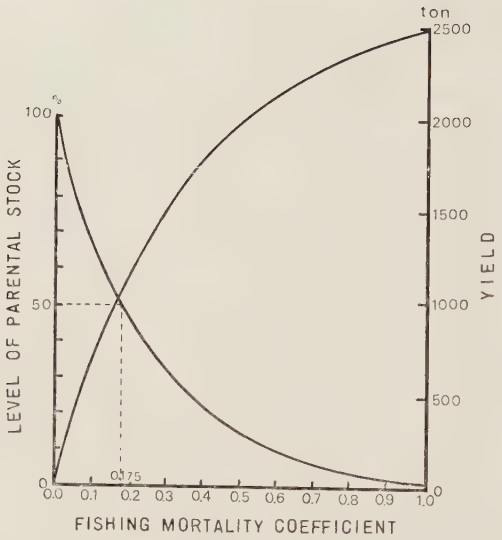


Fig. 8. 漁獲死亡係数と再生産力をもった親の水準との関係（1978年級）
Relationship between fishing mortality coefficient and level of parental stock, and yield for female korai prawn, 1978 year class. Level of parental stock is denoted by the ratio of abundance of exploited parental stock to abundance of unexploited parental stock.

Table 13. 漁獲開始齢(月)の変化に伴う生産量等の変化（1978年級）
Yield, Y, fishing mortality coefficient, F, and productivity, Y/F, for various age of first capture, estimated at the optimum stock level for female korai prawn, 1978 year class.

Age of first capture	Y (ton)	F	Y/F
6	1,255	0.140	8964.3
7	1,100	0.174	6321.8
8	960	0.233	4120.2
9	875	0.350	2500.0
10	875	0.720	1215.3

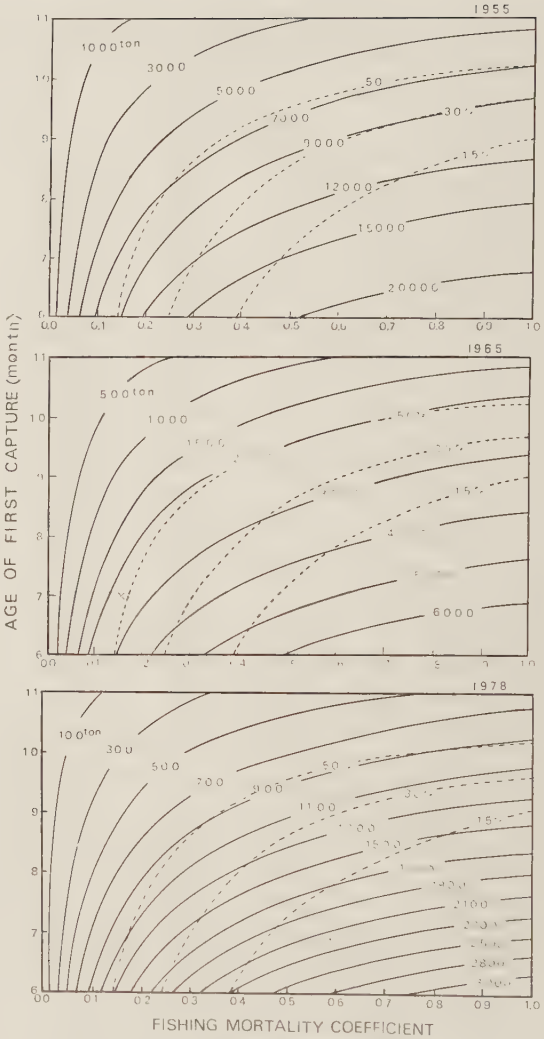


Fig. 9. コウライエビ（雌）の等生産曲線図
Isopleth diagrams of yield and level of parental stock for female korai prawn.
Solid line shows yield, dotted line shows 50%, 30%, and 15% level of parental stock respectively.
×: point representing status of fishery in the corresponding year.

ような効果があるかを検討した．Table 12 の第3および第6欄に示すように，1965年級以前では，漁獲量は増加するけれども生産性（漁獲死亡係数当り漁獲量）は低下するという結果になる（Table 12 の第8欄）．また，1966年級以降は，1969，'72，'73年級を除くと，逆に漁獲量は低下するが生産性は増加する．殊に近年の1976年，'78年級では生産性が80～82%も増加することになる．

また，上の等漁獲量曲線図から，再生産力をもった親の水準50%線上における漁獲開始齢ごとの漁獲量お

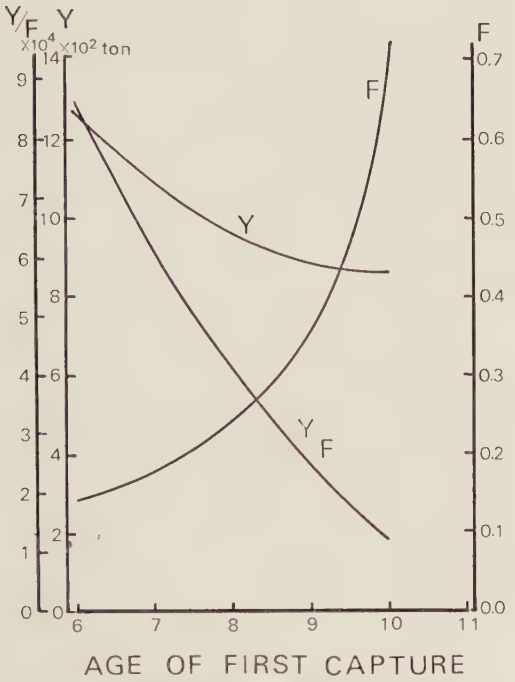


Fig. 10. 漁獲開始齢と生産量，漁獲死亡係数および生産性（1978年級）
Yield, Y, fishing mortality coefficient, F, and productivity, Y/F, against age of first capture for 50% level of parental stock for female korai prawn, 1978 year class.

よび漁獲死亡係数を読みとった．漁獲量はどの年級においても齢6ケ月の11月が最高を示し，齢が進むにつれて低下している．一方，漁獲死亡係数は齢と共に増大している．このため，生産性は齢が高くなるにつれて急速に減少する．従って，漁獲開始齢は6ケ月が適当ということになる．これは，本種が成体に達してから漁獲の対象となるからである．Table 13, Fig. 10には1978年級を例として示した．

ところで，1952～'62年級および1964年級の生残率は，前述の通り直近の数ケ年間の平均値を用いた．このことが果して妥当であったかどうかを吟味してみる．

Table 12 の第5欄に示した漁獲死亡係数による推定漁獲量（同第6欄）と実際の漁獲量および両者の比率を Table 14 に示す．すなわち，それぞれの生残率を用いた1965年級以降の理論値と実際値との違いは，ほぼ±15%の範囲にある．これをおおよその目安にすると，1954年級以外はいずれも15%を超えている．つまり，1952，'53年級では用いた生残率が過小であり，1955～'62年級では過大な値を用いたことになる．1952，'53年漁期は前述のように正常な操業ができなかった時代で，仮定された漁獲死亡係数0.209が過大であったためであろう．また，その後は漁業が正常になっているので，漁獲死亡係数は0.209よりも若干高くなっていたのかもしれない．しかし，いずれにしても，この時代は，近年に比べると漁船の漁獲性能などの面からみて，エビ漁にかかる圧力がそれほど大きいものではなかったと推察される．

Table 14. 計算された生産量と実際の漁獲量
Comparison of calculated yield to recorded yield.

Year class	Calculated yield (ton)	Recorded yield (ton)	Ratio
1952	42	31	1.35
1953	426	281	1.52
1954	914	919	0.99
1955	2,147	3,146	0.68
1956	1,320	2,202	0.60
1957	820	1,314	0.62
1958	3,519	5,954	0.59
1959	5,300	6.449	0.82
1960	4,565	5,556	0.82
1961	5,009	6,559	0.76
1962	2,862	3,831	0.75
1963	2,400	2,276	1.05
1964	3,320	3,940	0.84
1965	2,326	2,792	0.83
1966	1,618	1,789	0.90
1967	1,286	1,389	0.93
1968	1,904	1,786	1.07
1969	2,715	2,738	0.99
1970	1,555	1,442	1.08
1971	954	973	0.98
1972	2,360	2,048	1.15
1973	8,862	9,825	0.90
1974	11,109	10,890	1.02
1975	4,143	4,830	0.86
1976	2,243	2,836	0.79
1977	3,728	4,157	0.90
1978	2,120	2,513	0.84

6．親と仔の関係

Table 8 において，各年級の齢11ケ月の資源尾数か

らその月の漁獲尾数を差し引いた尾数を産卵親エビ（A）とし，次年級の初期資源尾数（齢：6ケ月）を仔エビ（R）として両者の関係を Table 15 に示した．このうち，前述のように漁場の制約を受けていた初期の3点を除き Fig. 11 にプロットした．これをみると全体としては明瞭な親仔関係は認められない．しかし，かなりの点は Ricker 型の曲線に適合するようにみえる．そこで，再生産率（R/A）の対数と親エビ数との関係をみると，再生産率は親エビが1千万尾以下では大きな変動を示すが，それ以上では直線によく適合する（Fig. 12）．すなわち，この関係は

$$\log_e R/A = 1.9356 - 6.9241\times10^{-9}A \quad (r=0.70)$$

で表わされる．これより，$R = 6.9282A\,e^{-6.9241\times10^{-9}A}$ が導かれる．

Fig. 11 の曲線はこれである．Ricker[22] によれば，加入量の最大を与える親の水準は $1/(6.9241\times10^{-9})$ で約1.4億尾，加入量は，$6.9282/(6.9241\times10^{-9}\times e)$ で約3.7億尾ということになる．

ここで，親の量と無関係に加入量が著しく増減することがあるのは，冒頭でふれたように本種が1年生であり，発生・生育時の環境条件の変化の影響を受け易いことによるものと考えられる．

なお，1958年級から発生した高水準の資源は，数年間にわたり維持されているが，1972年級から発生した高水準は2年間で低い水準にもどっている点が注目される．これは，最近の漁獲強度が1960年前後に比べて相当に大きいことと無関係ではないと思われる．

また，ここで興味があるのは，親の数1千万尾以下についても親エビの数と再生産率の関係をみると1972年級の点を除いて Fig. 13 のように直線関係が認められることである．この関係は

$$\log_e R/A = 5.5072 - 7.1040\times10^{-7}A \quad (r=0.88)$$

で示される．これから，$R = 246.4656A\,e^{-7.1040\times10^{-7}A}$ が得られる．Fig. 14 はこの関係を示す．このことは，極めて低い資源水準にあっても，それなりに親仔関係が存在することを示すものと思われる．

ただ，ここで問題は，中国の渤海湾内漁獲が初期資源量，すなわち，ここでは加入量の推定値に対しどのような変動を与えているかということである．1970年代の中国のコウライエビ漁獲量は1～4万トンとわが国のそれの数倍もある（Table 1）．このうち湾内で大半が漁獲されているとすると，これらは未だ親エビになる前の成長過程の小型エビであるから，尾数に換算すると相当な数量となる．今後の検討が必要である．

Table 15 .親エビ数と仔エビ数
Estimated number of parental stock and recruitment for 1952 1978 year class.
U:10^4

Year class	Parent	Recruit
1952	4	
1953	46	6,049
1954	689	11,036
1955	6,879	41,751
1956	5,191	30,607
1957	3,338	19,202
1958	6,428	14,956
1959	7,102	62,961
1960	8,564	51,875
1961	12,934	29,237
1962	5,508	15,951
1963	3,856	25,465
1964	3,416	17,621
1965	564	12,862
1966	10	5,986
1967	126	5,764
1968	217	7,421
1969	377	14,940
1970	249	5,299
1971	30	2,610
1972	326	7,255
1973	24,958	158,402
1974	1,772	39,084
1975	177	15,661
1976	47	7,518
1977	22	10,225
1978		5,441

7. 異なる推定法による資源量の比較

Table 5 の年級別齢別漁獲尾数を用いて，Virtual Population Analysis（以下 VPA という）により資源尾数を計算した．計算は，加藤[23] により当所の計算機オリベッティを用いて行った．また，水産庁が作成している1966年以降の2そうびき以西底びき網漁業の漁獲統計テープを用いて，次式により資源尾数を計算した（以下面積法と呼ぶ）．すなわち，

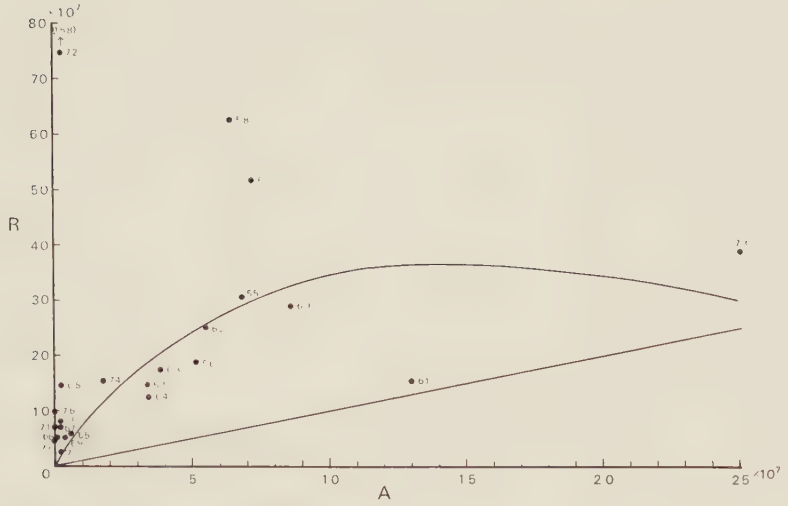


Fig. 11. コウライエビの親仔関係
Relationship between parental stock, *A*, and recruitment, *R*, for female korai prawn, with Ricker's reproduction curve.

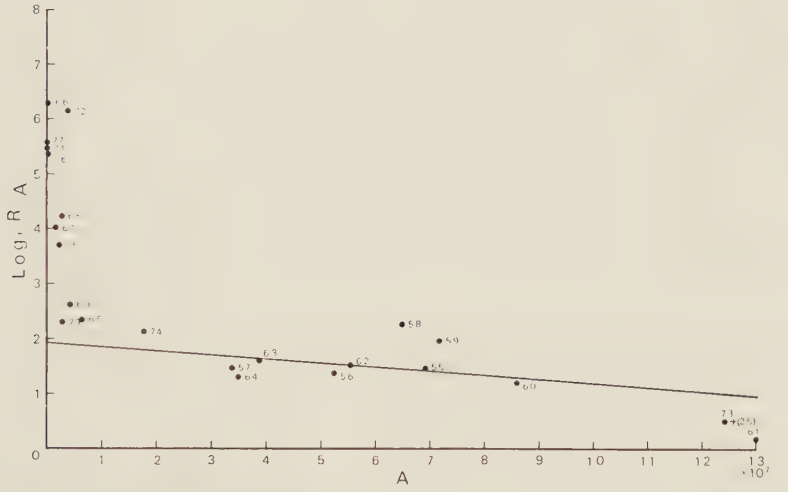


Fig. 12. 親の数と再生産率の関係
Relationship between parental stock and logalism of rate of recruitment to parental stock, $\log_e(R/A)$, for female korai prawn.

$$N=\sum_i\left(\frac{\sum_j C_{ij}\ A_i}{\sum_j H_{ij}\ S_j}\right)$$

N：資源尾数
C：漁獲尾数
H：ひき網数
S：1ひき網の掃過面積
A：漁区の面積
i：漁区
j：船型
S＝ヘッドロープ長×係数×曳網速度×曳網時間×1852 m
$A=R^2(\phi_2-\phi_1)(\mathrm{Sin}\,\theta_2-\mathrm{Sin}\,\theta_1)$
R＝6371.23km
$\phi_2-\phi_1$：経度間隔（Radian）

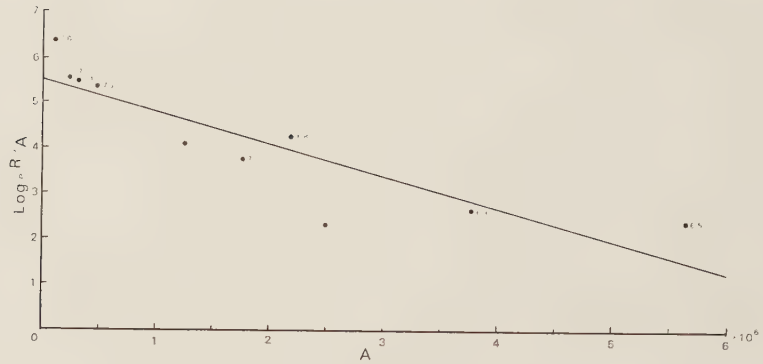


Fig. 13. 親の数と再生産率の関係（親エビ1千万尾以下）
Relationship between parental stock and logalism of rate of recruitment to parental stock, $\log_e(R/A)$, for female korai prawn ($A<10^7$).

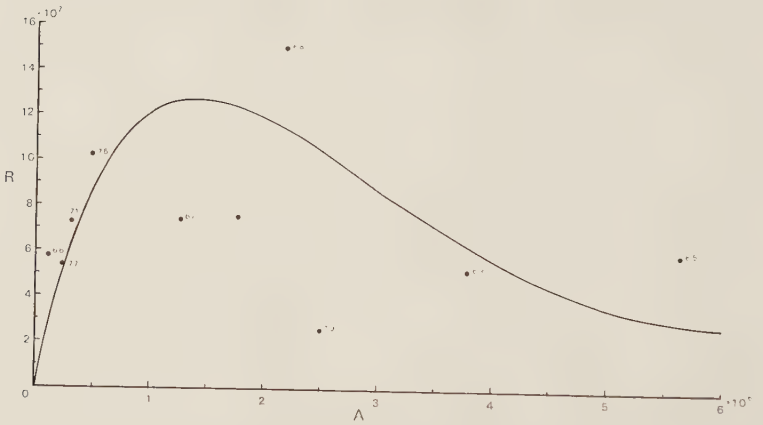


Fig. 14. コウライエビの親仔関係（親エビ1千万尾以下）
Relationship between parental stock, A, and recruitment, R, for female korai prawn, with Ricker's reproduction curve ($A<10^7$).

θ：緯度 ($\theta_2>\theta_1$)

ここで，掃過面積は時代と共に変化しているので，漁船漁具実態調査[24,25]をもとにヘッドロープ長等の基礎数字を Table 16 に示した．なお，1974年までの統計テープは船型別になっていないので各年の代表船型の値を用いた．

このようにして求めた2つの結果と生井ラップの結果を Table 17 に示した．まず，VPA の結果をみると，1961年漁期までの値が生井ラップとやや合わない漁期があるが，全体的には比較的よく似た結果を示している．前半で推定結果に開きがあるのは，やはり前述のように月齢組成が2峰型であることと関係しているようである．一方，面積法の結果は Vulnerability を1.0とした場合の数字であるから，理論的には最低推定値と考えてよいが，それにもかかわらずかなり大きな値を示している．これは，この方法が漁場区画内における漁船の操業がランダムに行われているという仮定が満足され難いことと，諸種の漁業規制線が農林漁区をよぎる場合の漁区面積を，計算から除外していないこと等によるものであろう．なお，漁期初めの値

Table 16. 掃過面積計算の基礎数値
Data for estimation by the area swept method in the bull trawl net.

Year		Length of head rope (m)	Constant R*	Towing speed (knot)	Towing period (hour)
1966		75.1	0.35	2.0	1.7
1967		86.7	0.35	2.0	1.7
1968		98.3	0.40	2.5	1.7
1969		103.4	0.40	2.5	1.7
1970		108.4	0.40	2.5	1.7
1971		111.8	0.40	2.5	1.7
1972		115.1	0.40	2.5	1.7
1973		113.0	0.40	2.5	1.7
1974		110.8	0.40	2.5	1.7
1975	Boat type Small	77.4	0.40	2.0	1.7
	Mediam	97.3	0.40	2.5	1.7
	Large	120.0	0.40	3.0	2.0

* R : Ratio of distance between wing ends to head rope length in bull trawl net

Table 19. 各種方法による推定資源量
Stock size estimates for female korai prawn by different methods.

U:10^3

Season		Doi RAP	VPA*	Area-swept method**	Season		Doi RAP	VPA*	Area-swept method**
1952	Nov.	4,878			1956	Nov.	306,069	809	
	Dec.	3,659				Dec.	229,546	237,109	
	Jan.	2,743	1,052			Jan.	168,654	174,776	
	Feb.	2,049	584			Feb.	122,632	138,187	
	Mar.	1,423	319			Mar.	89,931	92,575	
	Apr.	45	44			Apr.	62,123	62,122	
1953	Nov.	60,485			1957	Nov.	192,017		
	Dec.	45,364				Dec.	144,007	150,879	
	Jan.	34,022	1,781			Jan.	105,774	116,098	
	Feb.	25,503	5,680			Feb.	76,768	96,429	
	Mar.	18,921	4,185			Mar.	56,151	59,546	
	Apr.	554	554			Apr.	39,943	39,941	
1954	Nov.	110,360			1958	Nov.	149,556		
	Dec.	82,761	40,161			Dec.	111,594	362,052	
	Jan.	61,477	36,969			Jan.	98,233	241,288	
	Feb.	44,499	25,313			Feb.	72,147	177,211	
	Mar.	31,401	16,827			Mar.	90,588	122,611	
	Apr.	8,243	8,243			Apr.	76,930	76,925	
1955	Nov.	417,513			1959	Nov.	629,610		
	Dec.	313,042	324,610			Dec.	472,208		
	Jan.	229,982	191,969			Jan.	353,610	299,967	
	Feb.	168,249	133,610			Feb.	245,899	216,964	
	Mar.	124,212	127,932			Mar.	171,952	146,209	
	Apr.	82,332	82,327			Apr.	84,997	84,992	

Season		Doi RAP	VPA*	Area-swept method**
1960	Nov.	518,755		
	Dec.	389,044		
	Jan.	290,425	336,487	
	Feb.	203,175	226,080	
	Mar.	144,143	164,852	
	Apr.	102,485	102,479	
1961	Nov.	292,371		
	Dec.	219,258		
	Jan.	163,780	402,287	
	Feb.	131,373	288,181	
	Mar.	39,997	192,820	
	Apr.	154,794	154,784	
1962	Nov.	159,505		
	Dec.	119,623	255,503	
	Jan.	87,819	215,708	
	Feb.	51,366	143,515	
	Mar.	70,663	101,999	
	Apr.	65,918	65,913	
1963	Nov.	254,649		
	Dec.	190,968	222,828	
	Jan.	141,566	138,534	
	Feb.	67,041	92,411	
	Mar.	74,933	61,680	
	Apr.	41,965	41,947	
1964	Nov.	176,212		
	Dec.	131,938	225,928	
	Jan.	93,967	145,394	
	Feb.	49,572	98,328	
	Mar.	77,444	68,281	
	Apr.	40,884	40,881	
1965	Nov.	128,623		
	Dec.	96,353	77,363	
	Jan.	85,982	47,342	123,272
	Feb.	68,295	26,499	106,895
	Mar.	31,916	12,859	87,854
	Apr.	6,417	6,419	37,142
1966	Nov.	59,861	49,949	8,278
	Dec.	44,526	38,186	92,937
	Jan.	28,219	23,174	58,167
	Feb.	22,738	11,704	77,577
	Mar.	15,111	4,128	71,572
	Apr.	131	132	10,748

Season		Doi RAP	VPA*	Area-swept method**
1967	Nov.	57,638		2,404
	Dec.	43,218	39,521	62,306
	Jan.	30,697	25,901	37,482
	Feb.	21,642	13,657	43,059
	Mar.	16,296	6,146	26,031
	Apr.	1,610	1,610	12,758
1968	Nov.	74,205	64,237	27,892
	Dec.	54,237	40,498	63,118
	Jan.	20,617	21,969	62,141
	Feb.	21,250	13,505	45,552
	Mar.	15,900	6,854	58,737
	Apr.	2,660	2,661	18,609
1969	Nov.	149,405	83,249	69,749
	Dec.	106,684	60,428	136,995
	Jan.	61,485	36,246	54,016
	Feb.	62,119	22,301	47,087
	Mar.	48,776	11,266	44,838
	Apr.	4,195	4,198	17,270
1970	Nov.	52,988	44,316	10,134
	Dec.	38,765	35,547	71,704
	Jan.	18,865	19,507	49,394
	Feb.	10,342	11,054	22,057
	Mar.	9,342	6,515	34,452
	Apr.	3,168	3,168	16,523
1971	Nov.	26,103		10,770
	Dec.	19,520	19,266	76,348
	Jan.	10,656	9,023	29,610
	Feb.	5,693	3,865	22,057
	Mar.	2,143	1,360	21,014
	Apr.	437	437	8,981
1972	Nov.	72,555	94,695	25,065
	Dec.	53,713	62,295	105,244
	Jan.	36,645	36,624	70,236
	Feb.	17,865	21,042	50,734
	Mar.	13,433	8,445	57,667
	Apr.	4,072	4,069	25,548
1973	Nov.	1,584,017	1,389,204	109,186
	Dec.	1,177,774	1,054,802	370,661
	Jan.	859,990	663,499	332,816
	Feb.	511,348	471,311	185,336
	Mar.	546,312	362,981	259,422
	Apr.	259,734	259,665	119,462

Season		Doi RAP	VPA*	Area swept method**
1974	Nov.	390,841	357,838	207,568
	Dec.	267,681	238,663	377,248
	Jan.	139,477	132,715	172,952
	Feb.	74,604	76,203	113,303
	Mar.	76,913	46,030	150,785
	Apr.	21,886	21,886	43,016
1975	Nov.	156,608		2,371
	Dec.	117,283	109,383	91,707
	Jan.	77,300	73,176	163,081
	Feb.	71,118	37,648	105,870
	Mar.	31,744	12,499	76,534
	Apr.	2,397	2,397	16,745
1976	Nov.	75,176	73,257	86,163
	Dec.	51,692	47,478	122,251
	Jan.	26,363	22,090	51,546
	Feb.	13,188	9,732	27,766
	Mar.	8,640	3,867	24,318
	Apr.	683	682	6,077
1977	Nov.	102,245	103,535	18,148
	Dec.	74,414	75,274	96,560
	Jan.	53,511	35,926	111,788
	Feb.	20,905	12,550	65,764
	Mar.	9,842	3,843	51,821
	Apr.	323	323	5,775
1978	Nov.	54,407	49,199	8,113
	Dec.	40,084	43,584	69,903
	Jan.	29,658	19,330	67,323
	Feb.	6,881	4,706	42,884
	Mar.	2,445	1,243	20,761
	Apr.	137	137	4,886

* Virtual population analysis
** Estimated at 1.0 of vulnerability

が少ないのは，まだ完全な操業態勢に入っていない船が多いためである．

要　約

以西底びき網で漁獲されるコウライエビについて，既存の資料から生活史を整理した．そして，1952年漁期から1978年漁期までの雌エビの漁獲統計資料を用いて，土井の迅速資源解析法（土井ラッソ）によって資源の診断を試み，合わせて親仔関係を検討した．

1．全長（TL）と頭胸甲長（CL）の関係は

$TL=29.37+2.85\,CL$　（mm）で示される．

また，雌の成長は次式で示される．

$CL_t=56.77(1-e^{-0.7823(t-2.2433)})$　ただし，t は齢（月）で $t \geq 3$

また，頭胸甲長と体重（W）の関係は次のようになる．

$W=0.0119\,CL^{2.1875}$　（W：g，CL：mm）

2．漁業がない状態を想定して，本種が黄海に来遊する11月（齢：6ヶ月）以降の半年について，生残率を適宜与えた場合の資源重量の変化を求め，自然時の生残率を0.75，自然死亡係数を0.288と推定した．

3．年級別に齢（月）別の雌の漁獲尾数から生残率，漁獲死亡係数，漁獲率および漁業の利用度を求め，漁獲対象資源尾数と海の中の資源尾数並びに漁業がない場合の資源尾数を推定した．

この結果から，年級毎に再生産力をもった親の水準が漁業のない時に比べてどの位かを求めたところ，近年の漁獲強度は過大であると診断された．

4．年級別の初期来遊尾数をもとにして，漁獲係数を変化させた時の資源尾数を求め，再生産力をもった親の水準の変化を調べた．その結果，近年における漁獲死亡係数は適正水準を超えているとみなされた．

5．年級別に等生産量曲線図を描くと，1960年級以前においては現状点はほとんど適正水準内にあり，1960年代の年級ではほぼ適正水準の近くにあるが，1970年代ではほとんどが適正水準を外れており良い状態ではない．

そこで，漁獲死亡係数を適正水準にした場合，1965

年級以前では漁獲量は増加するが，生産性は減少する．1966年級以降では，ほとんどの年級でこれと逆の傾向がみられる．

また，適正水準下での漁獲開始齢ごとの漁獲量および生産性は，共に齢6ケ月で最高を示す．

6. 親仔関係をみると，親の水準が1千万尾以上でRicker 型の関係が適合する．すなわち，

$$R=6.9282Ae^{-6.9241\times10^{-9}A}$$

A：親エビ数，R：仔世代エビ数

これからみると加入量の最大は約3.7億尾で，その時の親の量は約1.4億尾となる．しかし，親の量と無関係に加入量が増減することがあるのは，発生生育時の環境条件の変化によるものと思われる．なお，親の水準が1千万尾以下においても，それなりに親仔関係が認められる．

7. 土井ラップと Virtual Population Analysis (VPA) および面積法によって求めた資源量の比較を行ったところ，VPA では1964年漁期まであまり合わない例があるが，全体的には似た結果がみられた．一方，面積法の結果は相当に過大であった．

文 献

1) 吉田 裕 1949：コウライエビの生活史に就て．日水誌，**15**（5），245-248.

2) 里内 晋 1943：底曳漁業と其の資源．254pp.，水産社，東京．

3) 沈嘉瑞・刘瑞玉 1976：我国的虾蟹．146pp.，科学出版社，北京．

4) 鄭恩綬 1959：对虾生活习性和生産中的些組織技求経験．中国水産，（7），13-14.〔西水研遠洋資源部，1965：中国水産文献訳叢第2集，底魚資源調査研究連絡，(35)〕

5) 邓景耀 1980：渤海湾对虾（*Penaeus orientalis*）卵子，幼体数量分布及貝与外界环境的关系．海洋水産研究，（1），17-25.

6) 笠原 昊 1948：支那東海黄海の底曳網漁業とその資源．日本水産研究所報告，（3），194pp.

7) 門摩生 1963：気候変動対漁業的影响〔西水研遠洋資源部，1965：中国水産文献訳叢第2集，底魚資源調査研究連絡，(35)〕

8) Zhu De-Shan 1980：A brief introduction to the fisheries of China, FAO Fisheries Circular (726), 1-31.

9) FAO 1980：Year book of fishery statistics, 48, 384 pp.

10) 庄嶋悦子・大滝英夫 1981：コウライエビの資源診断．漁業資源研究会議西日本底魚部会会議報告，（昭和55年度），水産庁・水産研究所．

11) 土井長之 1977：メキシコ産あわびの資源診断——迅速解析手法の一例として——．日本水産資源保護協会月報，(154)，5-13.

12) Takeyuki Doi 1981：Practical and rapid methods of fish population analysis. Text/Reference book series, (18), 28pp. Training Department SEAFDEC.

13) 真子 渺・庄嶋悦子 1969：標識放流によるコウライエビの移動と来遊量の推定．西水研研報，(37)，33-50.

14) 김봉안 1973：黄海産コウライエビの分布と回遊．韓国水産振興院研報，(11)，7-23,〔韓国文〕.

15) 范景泉 1958：淡水養对虾初步成功．中国水産，(10)，26pp.〔西水研遠洋資源部，1965：中国水産文献訳叢第2集，底魚資源調査研究連絡，(35)〕

16) 岡 正雄 1967：コウライエビ *Penaeus orientalis* Kishinouye の研究—V，授精と発生．長大水産学部研報，(23)，71-87.

17) 방극순・노용길 1969：コウライエビ人工孵化に関する研究．韓国水産振興院研報，（4），93-102.〔韓国文〕

18) 변충규 1969：コウライエビの種苗生産に関する研究．同誌，103-108.〔韓国文〕

19) 大滝英夫・北島忠弘 1979：船体の容積による船型区分に基づく漁獲努力量の標準化について．西水研研報，(53)，87-111.

20) 土井長之 1975：水産資源力学入門，66pp.，日本水産資源保護協会．

21) 長崎海洋気象台 1953-1965：西日本海況旬報．

22) Ricker W. E. 1975：Computation and inter-

pretation of biological statistics of fish population. Bulletin 191, 382pp., Dep. Env. Fish. and Mar. Service, Ottawa.

23) 加藤史彦 1978：Virtual Population Analysis 及び Cohort Analysis による資源尾数と漁獲死亡係数の推定．漁業資源解析のための電子計算機プログラム集，167-173．水産庁．

24) 北島忠弘 1972：以西底びき網漁業の漁船・漁具の実態とその経年変化について．東海・黄海における底魚資源の研究，(7)，1-73，西海区水産研究所．

25) 北島忠弘・大滝英夫 1977：最近の以西底びき網漁業における操業実態調査結果について．底魚資源調査研究連絡，(71)，29-43，西海区水産研究所

西水研研報　第58号，昭和57年10月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 58. Oct. 1982

立縄と玉縄の間にみられる漁獲機構の相違

前田　弘*・北島忠弘・廣瀬　誠*・内田和良*・
浜口正人*・俵　　悟*・深田耕一*・石原昌浩*

Difference Between Vertical Longline and By-line Type Bottom Longline Observed in Catch Pattern

Hiroshi MAÉDA*, Tadahiro KITAJIMA, Makoto HIROSE,*
Kazuyoshi UCHIDA,* Masato HAMAGUCHI,* Satoru TAWARA,*
Koichi FUKADA* and Masahiro ISHIHARA*

It looks like that the catch pattern of groundfishes using vertical longline (*Tate-nawa* in Japanese) would be similar to that using by-line type bottom longline (*Tama-nawa* in Japanese), for there is no basic difference between these two gears in the construction of the parts directly related to catching fish.

The above-mentioned assumption was examined comparing the catch patterns of the groundfishes observed in the catch records of the 38 vertical longline operations (335 lines, each with 15 baited hooks) conducted in November and December 1978 on the Miyako bank with those observed in the 22 by-line type bottom longline operations (491 by-lines, each with 7 baited hooks) from November 1979 to January 1980 on the three banks of the Kyushu-Palau ridge. As a result it was found out that the catch patterns of these two gears were similar in the following two aspects:

1) Groundfish species were hooked independently of one another, as indicated by the test of the 2×2 contingency table showing the numbers of the by-lines catching both of species A and B, species A only, species B only, and neither of species A or B.

2) The fine vertical distributions of catch of the respective species were not modified by the presence of individuals of other species on the other hooks of the same by-lines, as indicated by the fact that the fine vertical distribution of catch of a species by all the by-lines was similar to that by the by-lines catching exclusively one species.

昭和57年6月17日受理 (Received June 17, 1982)
西海区水産研究所業績　第399号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 399)
* 水産大学校 (Shimonoseki University of Fisheries)

On the other hand, the catch patterns using these two gears differed as explained below. Among the 27 cases (species×area) of the distribution of catch using vertical longline, the density of catch showed the variation depending on the height of the baited hooks from sea bed in only one third of them. The pattern of height-depending variation of hooked density of the same species differed according to the fishing area. In contrast with this pattern using vertical longline, the hooked density of the groundfishes caught using the by-line type bottom longline showed variation depending on the height of the baited hooks from sea bed in eight cases out of 10 cases in the four areas. Catch increased in three cases and decreased in the other five cases. The pattern of the height-depending variation differed according to the area only in one species.

The following five factors were examined as the most probable causes of the above-mentioned difference in the catch pattern, 1) vertical density of the baited hooks, 2) thickness of the layer covered by the baited hooks, 3) number of the baited hooks on a by-line, which has a relation to the degree of freedom in the significance test of the regression of catch on the height of the baited hooks, 4) construction and handling of gears, and 5) density of the other species caught by the same by-lines or in the same operation.

As a result it was found out that the difference in the catch pattern of groundfishes in these two gears was due mainly to the different density of the spiny sharks hooked. High density of the spiny sharks on the vertical longline modified the fine vertical distribution of catch of the other species caught by this gear, but very little modification of distribution of catch of groundfishes by the by-line type bottom longline was observed because of poor catch of the spiny sharks.

前報[1]では，玉縄が荒い海底における底魚類の相対的な密度を知るのに有効な漁具と考えられるかどうかについて，1979年9月から12月までの間，東シナ海大陸斜面（水深125mから865mまで）で行った操業記録[2]を分析し，次の結論をえた：玉縄による各魚種の釣獲率と海底からの距離に伴う釣獲率の変化は，釣針占有において競合する可能性のある他魚種の影響をほとんど受けない．したがって玉縄は，荒い海底付近における底魚類の相対的な密度を調べるのに最も有効な漁法の一つである．

立縄は玉縄と同じ基本構造であり，玉縄よりも漁具の製作と船上における漁撈作業が簡単である．したがって玉縄と同じ魚種を対象にした場合，立縄による漁獲の分布にも玉縄による漁獲と同じような構造がみられるとすれば，底魚類の分布密度の調査において，玉縄の代りに立縄を，底曳網が曳けないような地点における調査用漁具として用いてよい．1978年11月と12月に宮古礁において行った38回の立縄の漁獲記録を用いてこの可能性について検討した．その結果，立縄による各魚種の釣獲率と海底から釣針までの距離に伴う釣獲率の変化は同時に漁獲される他魚種の影響を受けないという点では，荒い海底における底魚類の分布密度を調査する漁具として玉縄の代りに立縄を用いてよいと考えられる．しかし立縄は玉縄にくらべて1回に使用できる釣針の数が少ない．したがって，同一漁場のほぼ同一水深で行った数回の操業結果を合計して扱わなければならないが，同一漁場の同一水深で行った場合でも釣獲率は操業ごとに異なる．また1本の立縄に

付いた釣針の数が10本以下の場合および釣獲率が低い場合は漁獲記録の分析に種々の困難が生じる．

立縄（15本付・1操業5～10本，同一漁場における総縄数20～45本）および玉縄（7本付・同一漁場における枝縄数45～約150本）の漁獲記録を分析する際に生じた上記の諸問題・海底からの距離に伴う各魚種の釣獲率の変化およびそれに及ぼす他魚種の影響について述べる．

材料および方法

立縄による漁獲機構の分析に用いた資料は，1978年11月9日から12月19日までの間に，宮古礁（図1－2）において第8有漁丸（北転船349t，水産庁の用船，調査は西海区水産研究所が実施）によって行われた38回の操業の各釣針（335鉢，15本付）による漁獲記録である．

この操業に用いた立縄の漁具仕様を図2－1に示した．上端に大きな浮球と下端に重錘がついた丈夫で長い浮子縄の下に，50mの道糸と，2m間隔で15本の釣針がついた幹糸がつづき，最下端は切れやすい構造を

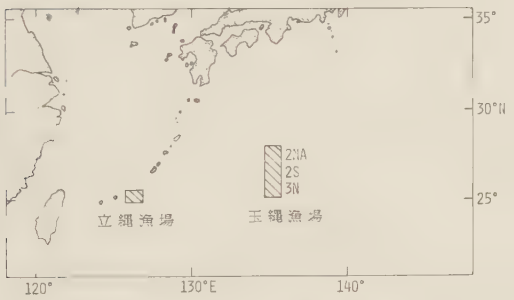


図1－1　立縄と玉縄の漁場

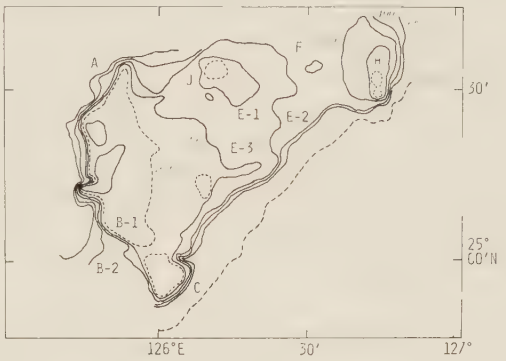


図1－2　立縄の漁場

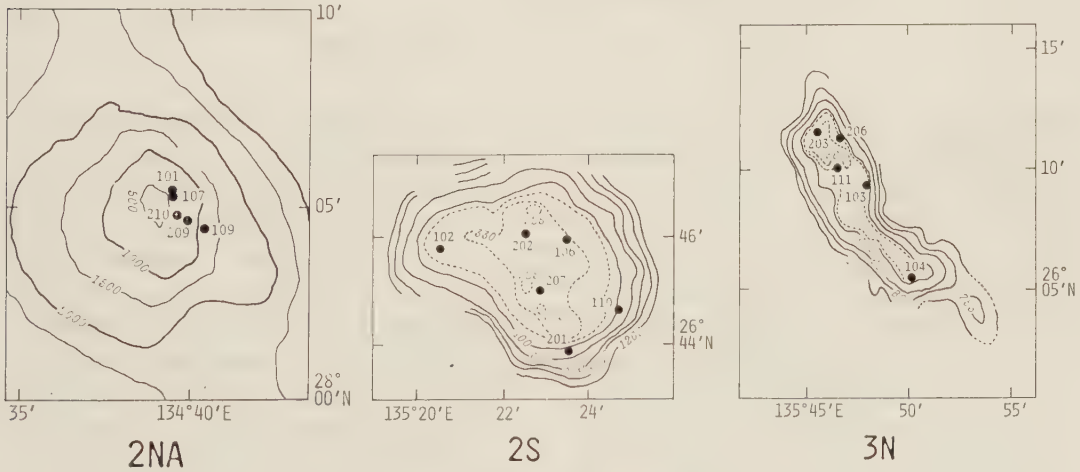


図1－3　玉縄の漁場
イタリック体の数字は水深(m)を示す

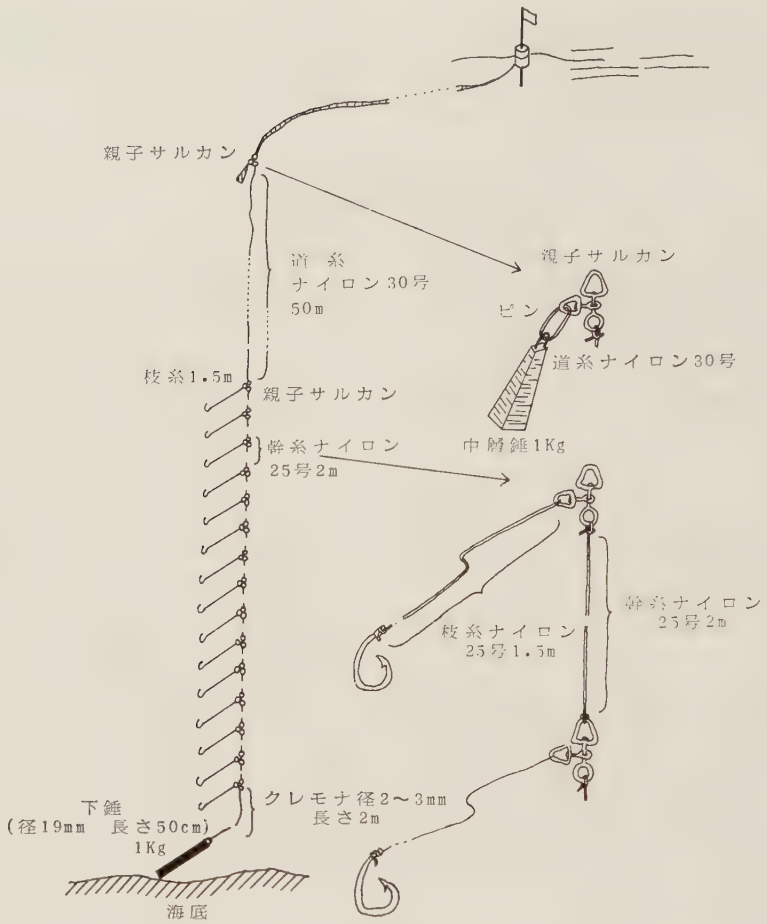


図2－1　立　縄　の　仕　様（西海区水産研究所[3]より）

経て重錘に終る．この最下端の重錘だけが海底に接し，幹糸部が海底から立ち上がるように，浮子縄の長さを水深と流れに応じて調整しなければならない．操業時何本かの立縄を同時に使用するが，投入後各縄は別々のパターンで漂流し，それらの中でも幹糸の一部が海底にかかるか下端の重錘が切断した縄は，他の縄と異なるパターンで漂流するので操業中に見失いやすい．また水深よりやや長い浮子縄を一本ずつ巻き揚げねばならず，一本の縄を揚げ終ると次の浮標まで移動するという作業を繰り返す．これらの理由によりあまり多数の縄を同時に使用できない．ここで用いた資料では昼間に揚げる場合1回に10本，日没後に揚げる場合5本ずつの立縄が使用された．したがって1回ごとの操業結果では，縄数が十分でなく統計的に扱えないので，38回の操業結果を図1　2に示すA　J（漁場DとGの資料は用いなかった．また漁場記号としてIは1と誤りやすいので使用しなかった）の8漁場ごとにまとめて扱った．ただし同一漁場内における操業回数が多い場合と，漁獲組成が操業ごとに異なる場合に限り，操業水深と昼夜によって分けて扱った．以下の分析では各グループは次の各操業の結果を合計したものである．なお操業番号のうち100位の数値は航海次を，10位と1位の数値は各航海における操業番号をあらわす．各操業の条件は昭和53年度大陸棚斜面未利用資源精密調査報告書[3]に示されている．

A　重宝曽根北西斜面……No.301，No.405　　計20本

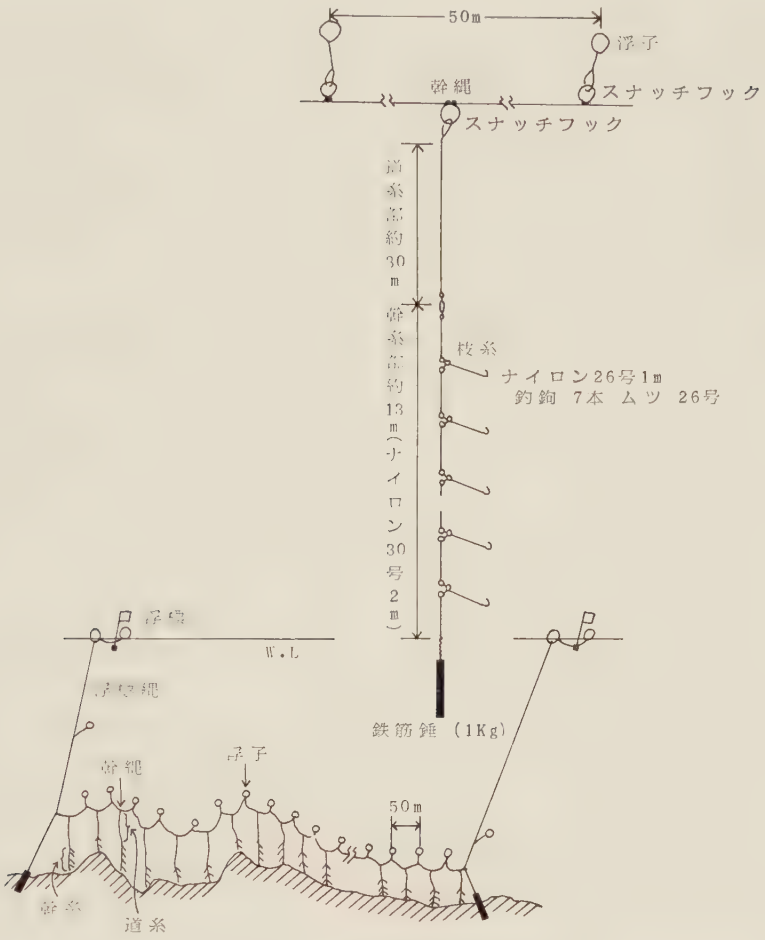


図2—2　玉　縄　の　仕　様（工藤晋二ほか[4]より）

B　宝山曽根南方（水深によって漁獲組成が異なるので，B1とB2に分ける）

B1　300m帯……No.201，No.202　計20本

B2　400m帯……No.204，No.305，No.306　計30本

C　南宝山堆東斜面……No.402，No.403，No.404　計30本

D　東重宝堆（玉縄操業の記録でしかも漁獲は枝縄ごとにまとめてあるので，この報告では扱わない）

E　西大九曽根南方（操業回数が多いので昼夜と水深によって分ける）

E1　昼間，250m帯……No.302，No.309，No.316，No.317，No.318　計45本

E2　昼間，300m帯……No.308，No.322，No.323，No.324　計40本

E3　夜間……No.315，No.319，No.320，No.321　計20本

F　東大九曽根西方……No.310，No.311，No.312　計30本

G　西大九曽根西方（立縄2回（20本）と玉縄1回の操業記録がある．立縄の漁獲組成は水深によって異なる．しかし水深帯に分けると資料が十分でなくなるので，以下の分析には用いない）

H　東大九曽根……No.101，No.102　計20本

J　西大九曽根……No.103，No.104，No.307，No.401　計40本

次の6回の操業記録はそれぞれカッコ内に示した理

由のため，以下の分析から除いた：No.203（幹糸の切断が多い），No.303（漁場Eの夜間E3に分類されるが，E3のうちの他の操業より深く，しかも荒天避航をはさみ他と一週間隔っている），No.304（深みに流されて漁獲がなく，幹糸部が着底したと考えられない），No.313（風力3のため1時間当り約1浬漂流し漁獲がなく，着底したと考えられない），No.314（風力3の夜間操業のため，揚縄中に幹糸の切断が多く，正常な操業結果とみなせない），およびNo.325（漁場Hに分類される．この漁場で行われた他の2例は昼間操業であるが，これは夜間操業である）．

先に報告したように玉縄による各魚種の釣獲率は，海底から釣針までの距離に伴って変化し，その型は漁場によって変らなかったが，立縄による各魚種の釣獲率はこれと異なる傾向を示した．したがって玉縄上の漁獲分布に関する先に報告した構造の普遍性を調べるため，1979年11月24日から1980年1月21日まで，九州パラオ海嶺において第53新栄丸および第2翔洋丸（348.88 tおよび349.84 t，いずれも北転船で南西海区水産研究所が実施した水産庁の用船）によって行われた22回の操業の各釣針（491×7本）による操業記録[4,5]について，前報および立縄の漁獲記録の分析と同じ方法で処理した．

この操業に用いた玉縄の漁具仕様を図2－2に示した．ここで用いた玉縄は立縄の浮子を除き，道糸を30 m短縮しその下に2 m間隔で7本の釣針をつけたものを枝縄とし，これを50 m間隔で幹縄につけた漁具である．さらに幹縄が着底しないようにするため，相隣る枝縄の取付点の中間に浮球をつける．これらの改造によって同時に多数の釣針を扱え，しかも浮子縄の長さを調整する必要がなくなる．枝縄が5本ずつついた幹縄を数組つないで1回の操業に用いる．

資料は2隻の船によって得られたので，資料を集めた船を区別するため第53新栄丸による操業を100台で，第2翔洋丸による操業を200台であらわす．操業条件は昭和54年度大陸棚斜面未利用資源精密調査報告書[4]に記されている．ここで用いた資料は主に3つの海山に分かれる．大部分の操業では統計的に扱うのに十分な数の枝縄が用いられたが，釣獲率が低いので以下の分析では次の4つのグループにまとめて扱った：

2NA（漁獲組成が操業によって異なるので，2NA1と2NA2に分ける）

2NA1 ……No.101，No.107　計45本

2NA2 ……No.109，No.209，No.210　計90本

2S ……No.102，No.106，No.110，No.201，No.202，No.207　計147本

3N ……No.103，No.104，No.111，No.203，No.206　計120本

次の6回の操業は上記の3漁場以外の地点で行われたので，以下の分析より除いた：No.105，No.108，No.204，No.205，No.208，No.211

結　果

1. 海底からの距離に伴う釣獲率の変化

立縄では浮子縄の長さが適切であれば，また玉縄では浮球と重錘とのバランスおよび幹縄のたるみ方が適切であれば，各枝縄* は下端の重錘だけが着底し幹糸部は海底より立ち上がる．したがってこれらの漁具では，海底から数十cm～数mの間隔で釣針が垂直的に並ぶ．釣針のこのような分布をあらわすため，各枝縄において釣針が揚ってくる順序に（海底から遠い方より）番号をつけ，これを釣針番号または釣針（の）位置とよぶ．釣針位置に伴う釣獲率の変化を表現の便宜上，（釣獲率の）垂直分布とよぶ．網漁具（例えば底刺網）による漁獲の垂直分布は遊泳時の分布をあらわすが，釣漁具による漁獲の分布は摂餌行動のために変るので，この報文で扱った分布は遊泳層をあらわさない．

釣獲率の垂直分布を調べれば次の3つのことがわかる：(1)漁具の構造と操作法について……同時に漁獲された数魚種のうち，すくなくとも1魚種か2魚種――ことに釣針位置に伴って釣獲率が異なることが明らかになっている魚種――の釣獲率が釣針の位置によって

* 立縄には枝縄はないが，立縄と玉縄において同じ表現を用いるため，1本ずつの立縄をあらわすとき，枝縄という語を用いる．

異なれば，幹糸部は海底から立ち上がっていたとみなせ，したがって漁具の構造と操作法は適切であったとみなせる．(2)底魚類の海底付近における垂直分布について……幹糸部が海底から立ち上がっているとみなせる場合，海底付近における各魚種の垂直分布の異がわかる．(3)釣針占有における魚種間関係とそれによって釣獲率の垂直分布が変型する可能性について……各魚種が釣れやすい位置の釣針に同種または異種の他個体が先にかかっているとき，後から来た個体はすぐ上か下の釣針にかかることが考えられる．この現象を仮に垂直分布の変型とよぶ．海底に極めて近い層内における底魚類の摂餌活動が海底からの距離によって異なり，しかも幹糸部が海底から立ち上がっていたとすれば，各魚種だけが漁獲された枝縄に見られる漁獲尾数の垂直分布を，他魚種も漁獲された枝縄のそれと比べることにより，各魚種の釣獲率の垂直分布に及ぼす他魚種の影響の有無がわかる．

宮古礁における立縄操業では31種，九州パラオ海嶺における玉縄操業では21種が漁獲された．それらのうち同じ漁場で行った数回の操業によって合計5尾以上漁獲された魚種（以下主要魚種とよぶ）の漁獲尾数の垂直分布を図3に示す．この図からわかるように立縄または玉縄によって漁獲される主要魚種は，漁獲尾数の垂直分布の型によって，次の4つに分けられる（魚種名の後のカッコ内の文字は漁場をあらわす）：

1．海底に近い釣針ほど多く漁獲される魚種
　立縄による漁獲……ハナフエダイ（*C*, J），ヒョウザメ（E3）
　玉縄による漁獲……ハナフエダイ（2S, 3N），フジクジラ（*2NA2*），オオメメダイ（*2S*），ツノザメ（*3N*）
2．海底から遠い釣針ほど多く漁獲される魚種
　立縄による漁獲……ツノザメ（A），ハマダイ（B1, E1, E2），シイラ（H）
　玉縄による漁獲……キンメダイ（*2NA1*, 2NA2），メダイ（*2NA1*）
3．中央の深さの釣針で多く漁獲される魚種
　立縄による漁獲……キダイ（*B1*），ハナフエダイ（*B1*）
　玉縄による漁獲……なし
4．釣針の位置と関係なく漁獲される魚種
　立縄による漁獲……キダイ（F），ツノザメ（B2, E2, E3, F），ハナフエダイ（E1, E2, F），ヒメダイ（C, J），チカメキントキ（C），ハマダイ（C），サメの一種（C），ヨリトフグ（E1），アイザメ（E2, E3, F）
　玉縄による漁獲……ムツ（2NA2），オオメメダイ（3N）イタリック体であらわした漁場における釣獲率の釣針位置に対する回帰係数は有意とみなせないが，2・1の項に示した理由により図3を参考とし上記のように分類した．

上記の結果より次のことがわかった：
立縄による漁獲……(1)釣針の位置に伴って釣獲率が異なるとみなせるのは，ツノザメ5例中1例，ハナフエダイ6例中3例，ハマダイ4例中3例，キダイ2例中1例，ヒョウザメ・シイラ各1例中1例である．しかしヒメダイ（2例），チカメキントキ（1例），サメの一種（1例），ヨリトフグ（1例），およびアイザメ（3例）の各魚種の釣獲率は釣針位置に伴って変化するとみなせなかった．(2)2漁場以上で各5尾以上漁獲された魚種の大部分において，釣獲率の垂直分布型は漁場によって異なる．(3)立縄によって調査した10漁場中1漁場（B1）では，主要魚種3種すべての釣獲率が釣針位置によって異なった．また7漁場（A·C·E1·E2·E3·H·J）では，それぞれ1魚種ずつの釣獲率は釣針の位置によって異なるとみなせるが，同時に漁獲された他の主要魚種の釣獲率ではそのような関係は認められなかった．(4) B2（主要魚種1魚種）とF（4魚種）の2漁場では，釣針の位置によって釣獲率が異なるとみなせる魚種は認められなかった．

釣獲率の垂直分布が同時に漁獲された他魚種の影響を受けないとすれば，漁場B2とFにおいて釣獲率が釣針位置に伴って変るとみなせる魚種がなかったことは，これらの漁場では幹糸部が海底から立ち上がっていなかったためと考えられる．しかし後に述べるようにこれらの漁場ではツノザメの釣獲率が高く，このような場合，ツノザメは釣針位置と関係なくかかり，しかもそれに伴って他魚種の釣獲率の垂直分布が変る．したがって漁場B2とFにおいて釣獲率が釣針位置に伴って変るとみなせる魚種がなかったのは，必ずしも幹糸部が立ち上がっていなかったためと断定できない．

玉縄による漁獲……(1)10例（7魚種）の主要魚種のうち，5例（4魚種）の漁獲は海底に近い釣針ほど

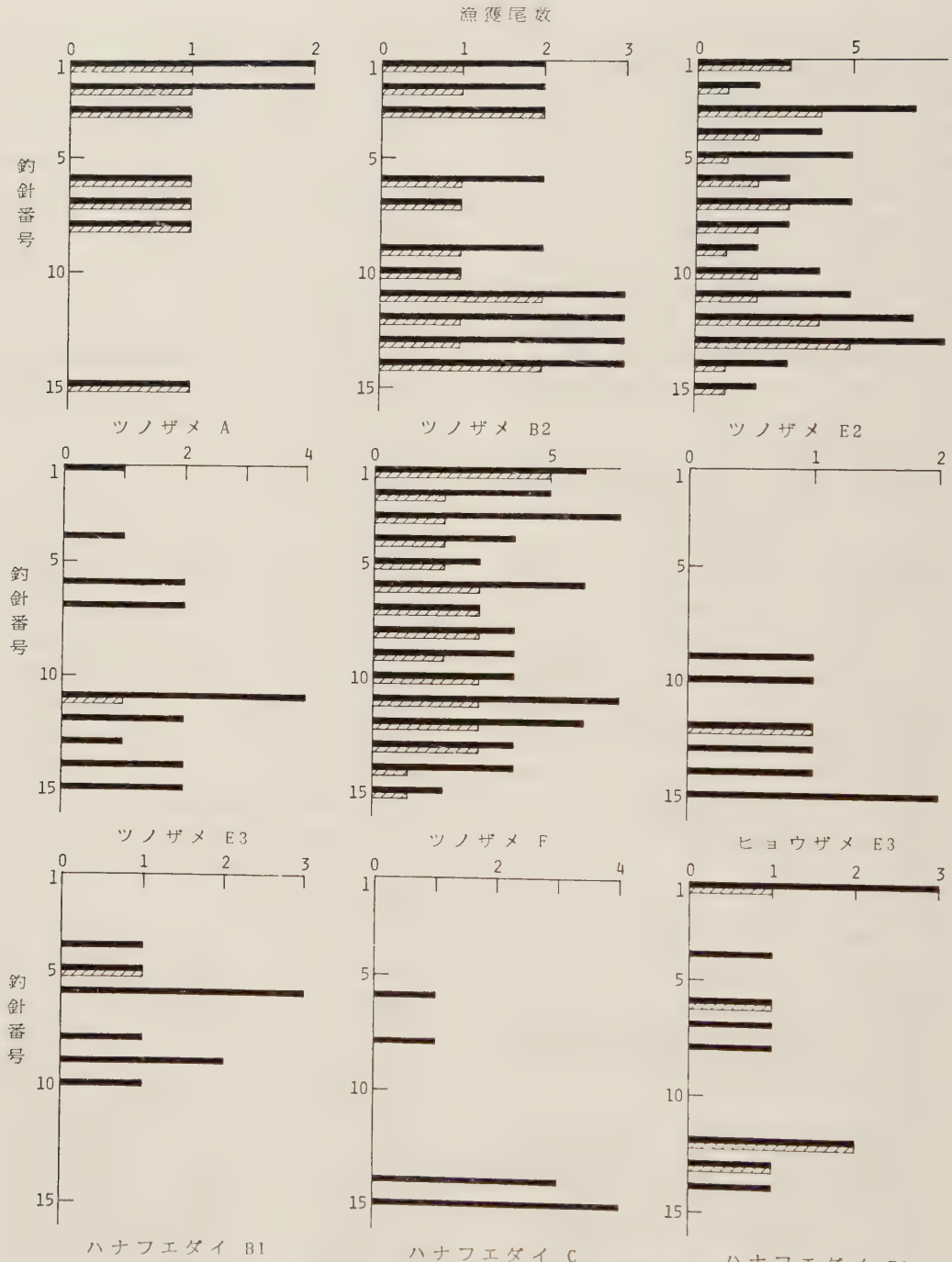
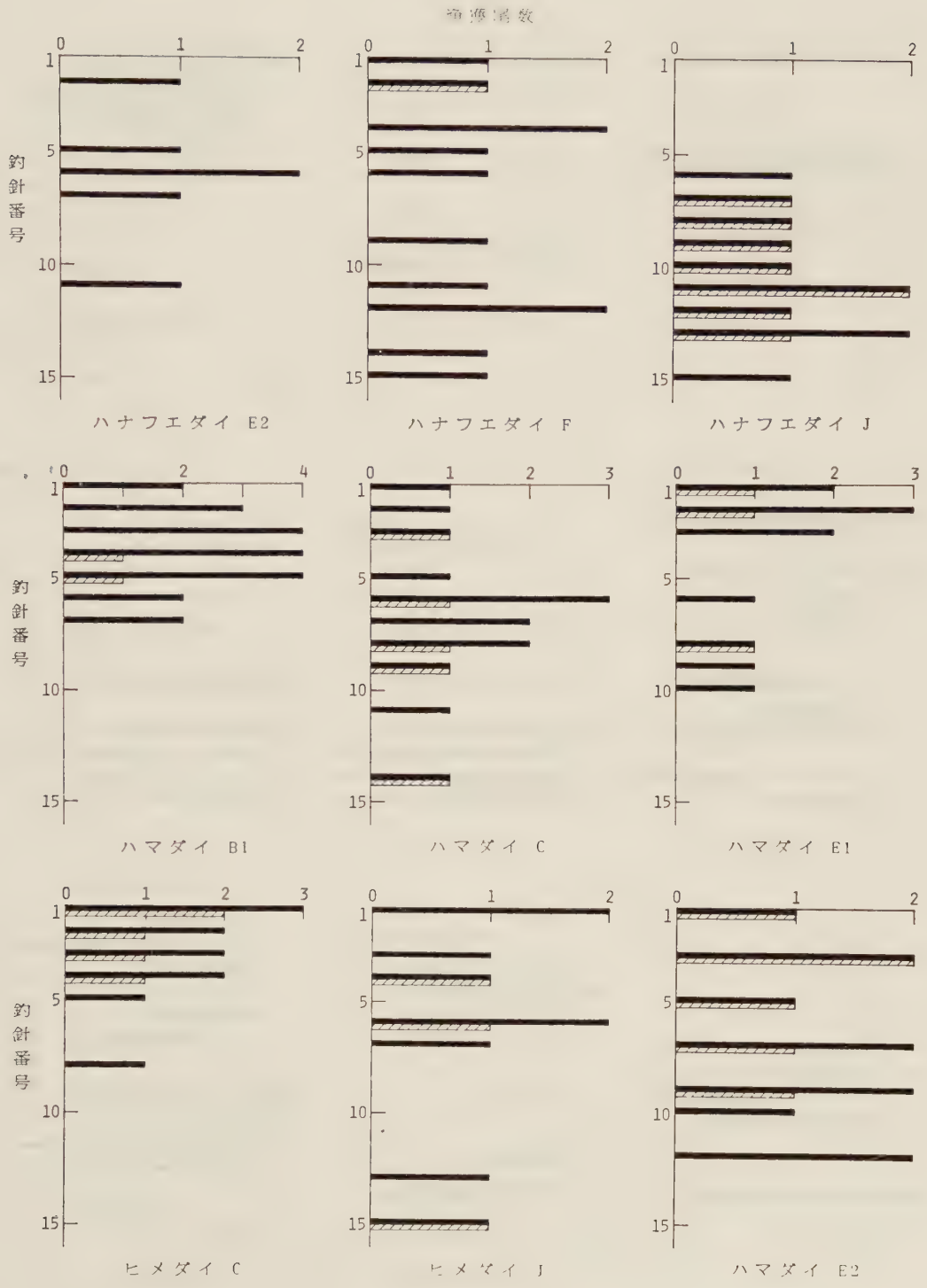
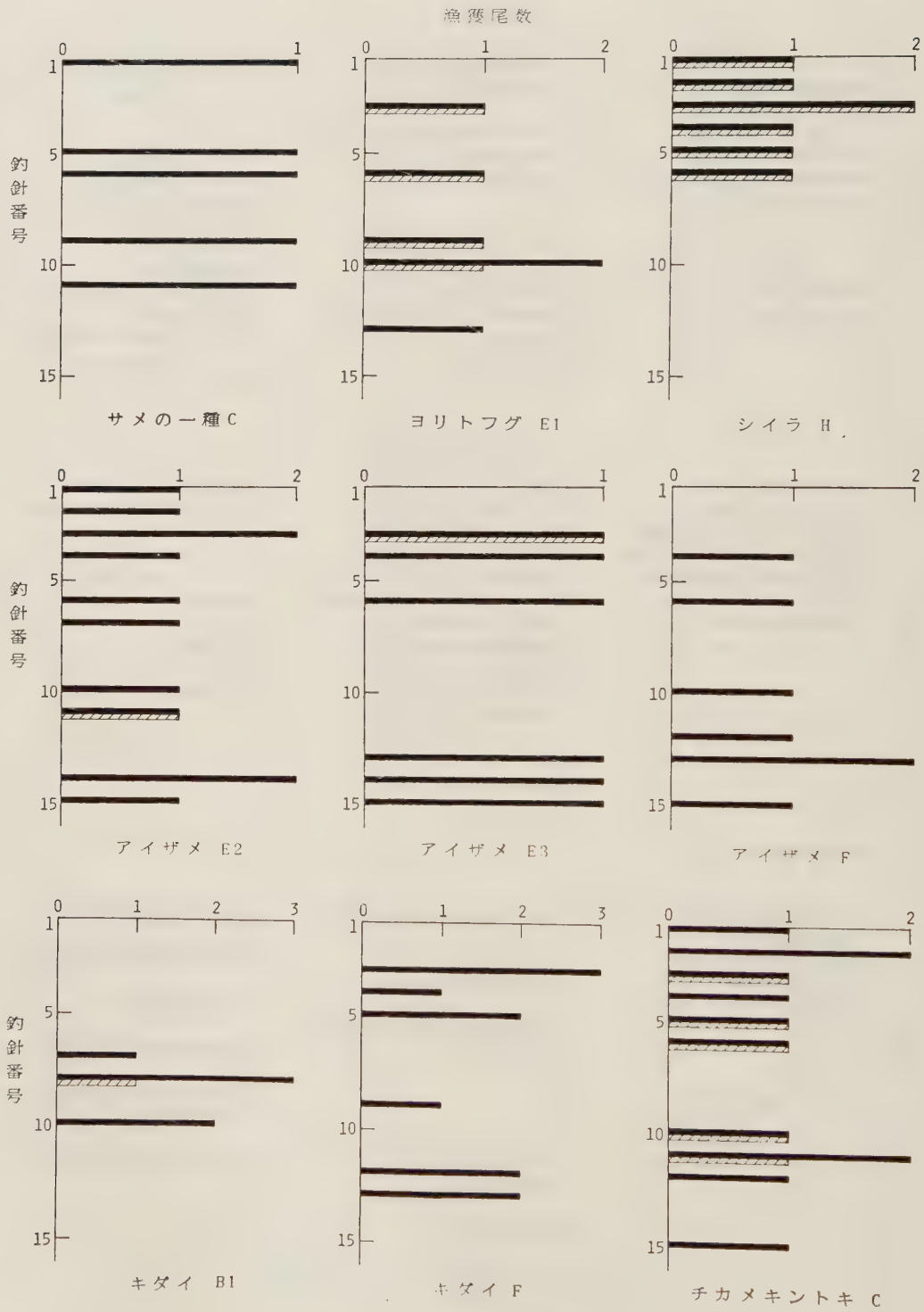


図3—1 釣針の位置に伴う漁獲尾数の変化にみられる他魚種の影響（立縄）

全枝縄による漁獲

それぞれの魚種だけが漁獲された枝縄による漁獲

漁獲尾数は同じ漁場で行った数回の操業による漁獲を合計した.

漁獲尾数
釣針番号
ハナフエダイ E2
ハナフエダイ F
ハナフエダイ J
ハマダイ B1
ハマダイ C
ハマダイ E1
ヒメダイ C
ヒメダイ J
ハマダイ E2


漁獲尾数
釣針番号
サメの一種C
ヨリトフグ E1
シイラ H
アイザメ E2
アイザメ E3
アイザメ F
キダイ B1
キダイ F
チカメキントキ C

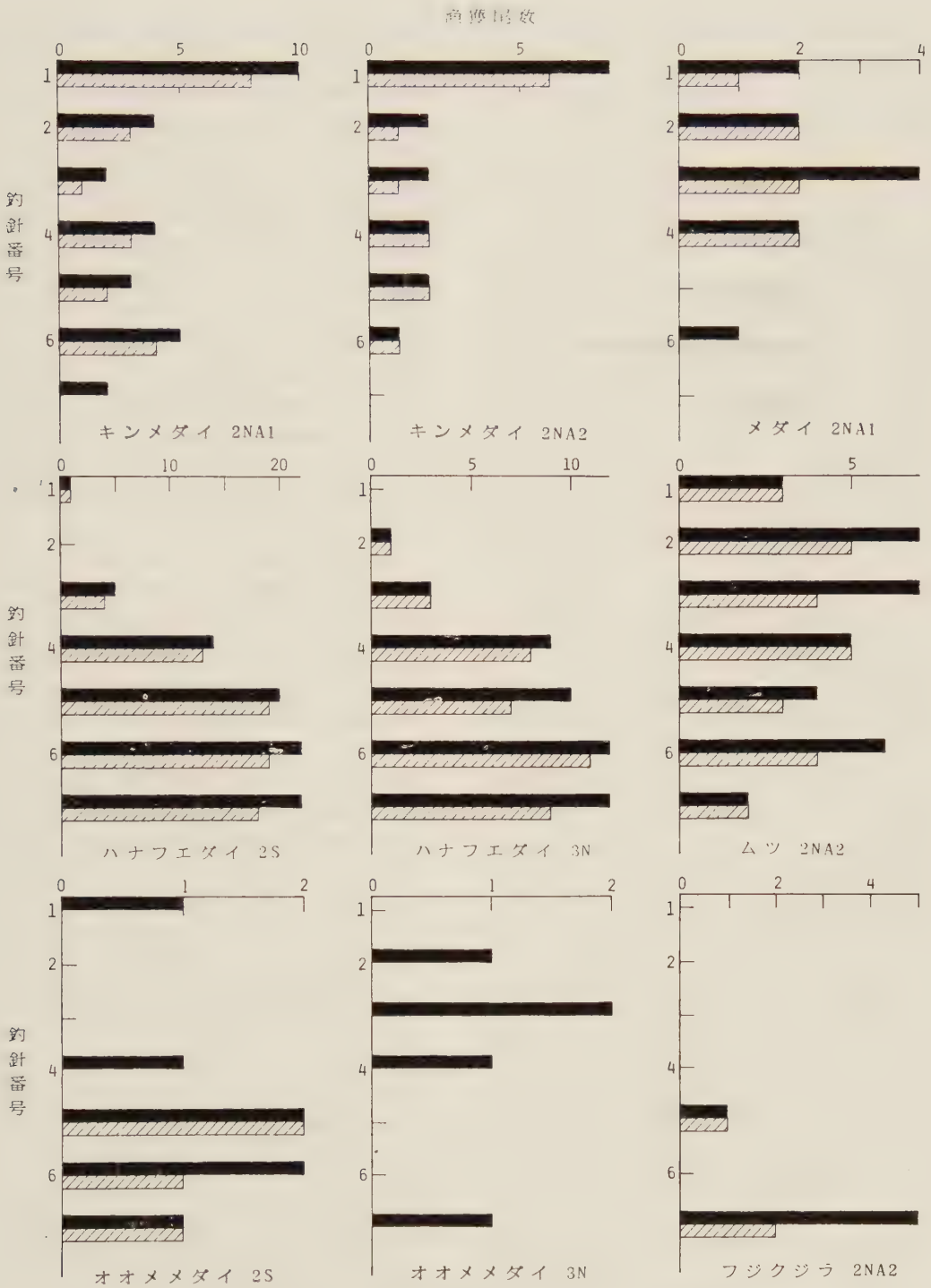


図3－2　釣針の位置に伴う漁獲尾数の変化にみられる他魚種の影響（玉縄）

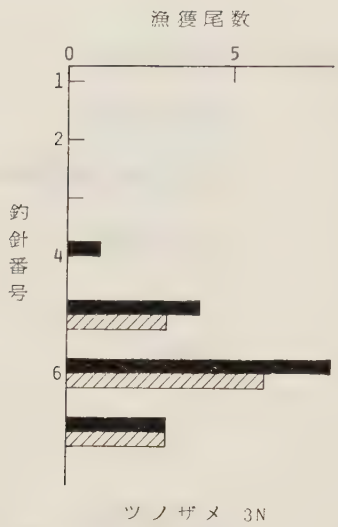


図3－2　釣針の位置に伴う漁獲尾数の変化にみられる他魚種の影響（玉縄）（つづき）

多く，3例（2魚種）の漁獲は海底から遠い釣針ほど多い傾向が認められた．しかし2例（2魚種）では釣針位置に伴う釣獲率の変化が認められなかった．(2)釣針の位置に伴って釣獲率が異なる魚種は，玉縄で操業した4漁場の各々で2魚種ずつ認められた．(3) 2NA1・2S および 3N の3漁場では，それら2魚種が同じ垂直分布型であった．しかし 2NA2 では異なる型であった．

上述(1)と(2)より，玉縄の場合は全操業において幹糸は海底から立ち上がっていたと考えられる．また(3)より，釣針占有における個体間・魚種間の競合と，それによる漁獲減少の可能性が考えられる．

ここで扱った立縄と玉縄では同じような魚種が漁獲されたが，それぞれの魚種の垂直分布の様式は漁法によって異なる：玉縄による漁獲では4漁場のすべて，10例（7魚種）中8例（6魚種）で，釣獲率が釣針位置によって異なる傾向が認められたのに対し，このような傾向は，立縄による漁獲では10漁場27例（11魚種）のうち8漁場10例（6魚種）で認められたにすぎない．しかしこの報告に用いた資料を得た海域に近い東シナ海大陸斜面において行った玉縄による漁獲にも，この報告における玉縄による漁獲と同様に，釣獲率が釣針位置に伴って変化する傾向が大部分の魚種について認められた[1]ので，上に記した相違は操業海域が異なるためでないと考えられる．

次に両漁法による漁獲の垂直分布構造の相違が，釣針の分布層の厚さに起因するかどうかについて考察を加える．この報告に用いた立縄と玉縄の釣針間隔はともに2 m，立縄は15本付，玉縄は7本付であるから釣針の垂直分布密度は両漁法とも等しいが，立縄における釣針の分布層の厚さは玉縄のそれの2倍である．2つの漁具において釣針の垂直的分布密度が同じであれば，広い深度幅に釣針が分布する漁具を用いる方が，狭い深度幅しかおおわない漁具を用いるよりも，釣獲率の垂直的な変化を把握しやすい．したがって，玉縄（7本付）による漁獲では釣針位置に伴って釣獲率が変化した魚種が多いが，立縄（15本付）による漁獲では釣獲率が釣針位置に伴って変化した魚種が少ないのは，釣針の分布密度と分布層の厚さの差に起因すると考えられない．

立縄と玉縄の間に見られる漁具構造上の最も大きな相違は幹縄の有無である．この相違が漁獲分布構造の相違の原因である可能性について考察を加える．立縄では幹糸部の下端だけが着底するように浮子縄の長さを漁場の水深に応じて調整しなければならない．しかし斜面や海底が起伏し流れがある漁場では浮子縄の長さの調整が困難である．もし浮子縄が長すぎるか，縄が浅みに流されると，浮子縄の下端に中錘があるため幹糸部は海底から立ち上がらない可能性がある．これに対し玉縄の幹縄は浮球によって支えられ，枝縄は短くしかも中錘がないので，両端の錨綱が十分に長ければ枝縄の下端だけが海底に接する構造になっている．したがって玉縄は流されにくく，斜面漁場でも錨綱の長さを水深に応じて細かく調整しなくてもよい．以上より次のような仮定が考えられる：立縄による釣獲率が釣針の位置によって変る傾向を示しにくかったのは，幹糸部が海底から立ち上がっていなかったためであり，玉縄による釣獲率が釣針の位置に応じて変ったのは，幹糸部が海底から立ち上がっていたためである．しかしこの理由では，立縄による漁場 B2 と F において釣針位置に伴う釣獲率の変化が認められなかったことは説明できるが，それら以外の漁場において，同じ魚種でも漁場によって釣獲率の垂直分布の型が異なることの説明にならない．

上に述べた釣獲率の垂直分布に関する結果にもとづ

き，この項の最初に記した3つの問題のうち(3)の垂直分布の変型の可能性は次項で扱うこととし，(1)と(2)について次のように結論できる：(1)漁具の構造と操作法について……玉縄では操業した4漁場の各々において，釣針位置に伴って釣獲率が異なる魚種が2種ずつ見られた．このことより全操業において幹糸部は海底から立ち上がっていたとみなせるので，漁具構造（浮球と重錘のバランス）は妥当であり，操作法（錨綱の長さと水深との関係・幹縄のたるませ方）は適切であったと考えられる．立縄では分析より除いた6操業中4操業について浮子縄の長さが適当でなく，分析に用いた32操業中26操業について適当であったと考えられるが，漁場B2とFにおける6操業については判断できない．(2)底魚類の垂直分布について……立縄または玉縄で操業した礁にすむ底魚類のうち，ハナフエダイは海底に近い釣針で，ハマダイ・キンメダイ・メダイは海底から離れた釣針で漁獲される．

2. 釣獲率と釣針位置の関係におよぼす他魚種の影響

立縄による主要魚種の釣獲率が釣針位置に伴って変化する傾向を示しにくい理由の1つとして，浮子縄の長さを漁場水深に応じて調整することが困難であったことが考えられる．しかし立縄では多くの魚種が同時に漁獲され，しかも幹糸が海底から立ち上がっていたと考えられる操業結果でも，同じ魚種の釣獲率の垂直分布の型が漁場によって異なった．玉縄による漁獲でも，オオメメダイの分布について同じことがわかった．このような現象がおこる原因として，他魚種の影響が考えられる．すなわち，ある位置の釣針がすでに占有されていると，その釣針にあとからきた個体はすぐ上か下の釣針に移動して漁獲されるとすれば，釣獲率の釣針位置に伴う変化は見られなくなる．この可能性について検討する．

以後，表現の便宜上次の記号を用いる：

i ……浮子縄または幹縄に近い方（海底から遠い方）よりつけた釣針の番号，立縄では1から15まで，玉縄では1から7まで

Y_i ……第i番目の釣針全部による目的魚種の漁獲尾数（第i番目以外の釣針に他魚種が漁獲されていても，第i番目の釣針に目的とする魚種が漁獲されていれば含める）$M=\sum Y_i$

y_i ……目的とする魚種だけが漁獲された枝縄の第i番目の釣針による漁獲尾数（第i番目以外の釣針に他魚種が漁獲された枝縄では，第i番目の釣針に目的とする魚種が漁獲されていても含まない）$M'=\sum y_i$

2·1 同一枝縄にかかる他魚種の影響

$M'\geqq 5$の魚種に関するY_iとy_iとの間の相関係数を表1に示す．立縄ではこの条件にあてはまる10例（5魚種）中8例（4魚種），玉縄では7例（5魚種）の全部において相関係数は有意とみなせた．しかし漁獲尾数の垂直分布に関する検討では，釣針の位置に伴う漁獲尾数の変化が重要であるにもかかわらず，Y_iとy_iとの間の相関係数の検討では，Y_iおよびy_iのiに伴う変化が無視される．この欠点を補うため，Y_iおよびy_iのiに対する2次および1次回帰式を求めた．この際Y_iに関する式を式1，y_iにM/M'をかけた値を用いて求めた式を式2とする．

立縄による漁獲……$M\geqq 5$である27例（11魚種）についてY_iのiに対する2次・1次の回帰式を，$M'\geqq 5$である11例（6魚種）について$y_i M/M'$のiに対する2次・1次回帰式を求め表2に示す（シイラHは$M=M'$であるので相関係数は求めなかった．そのため相関係数の場合は10例（5魚種）になる）．

同じ次数の式1と式2がともに有意とみなせるのは（ただし2次式の場合は，2次項が有意で，しかも式として有意とみなせる場合に限る），11例（6魚種）中ハマダイ（E2）とシイラ（H）の2例にすぎない．また，式1が有意とみなせるのは27例中7例（5魚種）だけである．

図3では多くの魚種の釣獲率が釣針位置に伴って変化するように見えるが，Y_iのiに対する回帰式が有意とみなせる魚種の少ない理由について考察を加える．ここで用いた立縄は15本付で，釣針は海底から28mまでの層に2m間隔で分布する．先に漁獲の垂直分布について報告した玉縄では，釣針は海底から約6mまでの層に65cm間隔で分布する．したがって今回用いた立縄は先に用いた玉縄の4倍の厚さの層をおおい，下4本の釣針がおおう深度幅が，先に用いた玉縄の釣針があった層に相当する．このように広い深度帯をおおい，1次式のFの自由度は$n_1=1$，$n_2=13$と高いので，回帰式は有意とみなされやすいはずである．そ

表1 全枝縄による漁獲微細垂直分布と各魚種だけが釣れた枝縄による漁獲微細垂直分布との相関

1) 立縄による漁獲

漁場	魚種	N	N'	M	M'	相関係数
A	ツノザメ	20	20	9	7	0.901**
B1		20	19			
B2	ツノザメ	30	30	24	14	0.824**
C	チカメキントキ	30	30	12	5	0.433
	ハマダイ			14	5	0.552*
E1	ハナフエダイ	45	45	11	5	0.698**
E2	ハマダイ	40	34	11	5	0.934**
	ツノザメ			63	34	0.842**
E3		20	20			
F	ツノザメ	30	30	69	38	0.442
H		20	19			
J	ハナフエダイ	40	34	11	8	0.814**
	ヒメダイ			11	6	0.716**

2) 玉縄による漁獲

2NA1	メダイ	45	40	11	7	0.835*
	キンメダイ			30	21	0.985*
2NA2	キンメダイ	90	69	17	13	0.977*
	ムツ			34	26	0.822*
2S	ハナフエダイ	147	129	84	74	0.995**
3N	ハナフエダイ	120	108	47	39	0.981**
	ツノザメ			16	12	0.984**

N …全枝縄数
N' …正常な枝縄数（テグス切断・もつれを除く）
M …正常な枝縄全部による漁獲尾数
M'…各魚種だけが釣れた正常な枝縄による漁獲尾数

れにもかかわらず，このように有意とみなせる回帰式が少なかったのは，一部の漁場で幹糸が海底から立ち上がっていなかった可能性があることの他に，次の理由によると考えられる：ここで扱った11例（6魚種）のうち，ツノザメ2例以外では M' が15以下であった．立縄は15本付だから，$M'<15$の場合，y_i は大部分1か0である．0以外の値がいずれかの部分に連続しない限り，0がそれ以外の値の間に入ることになる．また0がいずれか一部分に集中しても，y_i は値が低い自然数であり，その i に伴う変化傾向を直線または2次曲線であらわすことになるので，計算値と実測値の隔たりは y_i の偏差に対して無視できない．したがって釣獲率の釣針番号に対する回帰式が有意とみなせるかどうかによって，釣獲率が釣針の位置に伴って変るかどうかの結論をくだせない．

0と1よりなる数列——0，1以外の値があればそれらも1とみなすか，0と1を0としそれら以外を1とみなせば0と1の数列になる——にみられる連続性を検討するには「連の検定」[6] 等の方法がある．しかしこれらの方法は，15個の値よりなる数列ではデータ数が不十分なため有効でない．

玉縄による漁獲……$M\geqq5$ である10例（7魚種）について Y_i の i に対する2次・1次回帰式を，$M'\geqq5$ である7例（5魚種）について y_i の i に対する2次・1次回帰式を求めた．同じ次数の式1と式2がともに有意とみなせるのは，7例（5魚種）中ハナフエダイ（2S・3N）の2例である．また式1が有意とみなせるのは，これらにキンメダイ（2NA2）が加わり，10例（7魚種）中3例（2魚種）である．

立縄による漁獲と同様に，図3では釣針位置（i）に伴って多くの魚種の釣獲率（y）が変るようにみえるが，y の i に対する回帰式を求めると，有意とみな

表 2　幹縄側よりかぞえた釣針番号（i）に対する漁獲尾数（y）の2次および1次回帰式
$y=a_{2.0}+a_{2.1}i+a_{2.2}i^2$ または $y=a_{1.0}+a_{1.1}i$

1）立縄による漁獲

魚種	漁獲	$a_{2.0}$	$a_{2.1}$	$a_{2.2}$	F_1	F_2	F_e	$a_{1.0}$	$a_{1.1}$	F_0
A										
ツノザメ	9	2.3	−0.41	0.020	9.17*	5.60*	7.39**	1.4	−0.10	6.77*
	7	1.6	−0.23	0.010	3.04	1.17	2.10	0.9	−0.05	3.00
B1										
ハナフエダイ	9	−0.5	0.45	−0.030	0.46	6.04*	3.25	0.9	−0.03	0.33
	1	…	…	…	…	…	…	…	…	…
キダイ	6	−0.8	0.41	−0.025	0.04	3.43	1.74	0.3	0.01	0.04
	1	…	…	…	…	…	…	…	…	…
ハマダイ	21	4.1	−0.40	0.006	24.30**	0.13	12.21**	3.9	−0.31	26.04**
	2	…	…	…	…	…	…	…	…	…
B2										
ツノザメ	24	1.6	−0.11	0.011	0.69	0.33	0.51	1.1	0.06	0.72
	14	1.7	−0.07	0.006	0.10	0.09	0.10	1.4	0.02	0.11
C										
ハナフエダイ	9	0.9	−0.39	0.034	8.35	5.74	7.05	−0.7	0.16	6.12
	0	…	…	…	…	…	…	…	…	…
ヒメダイ	9	1.7	−0.27	0.013	1.84	1.42	1.63	1.1	−0.06	1.78
	3	…	…	…	…	…	…	…	…	…
チカメキントキ	12	1.6	−0.20	0.009	1.57	0.79	1.18	1.2	−0.05	1.60
	5	0.0	0.35	−0.025	0.38	1.86	1.12	1.1	−0.04	0.36
ハマダイ	14	0.6	0.25	−0.020	1.93	2.46	2.20	1.5	−0.07	1.74
	5	0.1	0.30	−0.019	0.00	0.69	0.34	0.9	0.00	0.00
サメの一種	5	0.3	0.05	−0.005	0.92	0.44	0.68	0.6	−0.03	0.96
	0	…	…	…	…	…	…	…	…	…
E1										
ハナフエダイ	11	1.6	−0.25	0.013	0.35	0.91	0.63	1.0	−0.03	0.35
	5	0.9	−0.11	0.009	0.13	0.16	0.14	0.5	0.03	0.14
ハマダイ	11	2.6	−0.38	0.014	11.87**	1.71	6.79*	1.9	−0.15	11.26**
	3	…	…	…	…	…	…	…	…	…
ヨリトフグ	6	−0.2	0.20	−0.012	0.08	1.40	0.74	0.3	0.01	0.08
	4	…	…	…	…	…	…	…	…	…
E2										
ハナフエダイ	6	0.2	0.15	−0.012	1.13	1.52	1.33	0.7	−0.04	1.09
	0	…	…	…	…	…	…	…	…	…
ハマダイ	11	3.4	−0.60	0.025	67.06**	17.10**	42.08**	2.3	−0.19	29.96**
	5	4.5	−0.92	0.044	50.55**	27.21**	38.88**	2.6	−0.23	16.76**
ツノザメ	63	2.9	0.34	−0.018	0.19	0.33	0.26	3.8	0.05	0.20
	34	4.2	−0.01	0.001	0.00	0.00	0.00	4.2	0.00	0.00
アイザメ	12	1.7	−0.28	0.016	0.30	2.43	1.36	1.0	−0.02	0.27
	1	…	…	…	…	…	…	…	…	…
E3										
ヒョウザメ	7	0.1	−0.08	0.012	29.53**	4.76	17.15**	−0.4	0.11	22.90**
	1	…	…	…	…	…	…	…	…	…
ツノザメ	17	0.4	0.04	0.005	3.20	0.08	1.64	0.2	0.12	3.44
	1	…	…	…	…	…	…	…	…	…
アイザメ	6	0.7	−0.14	0.010	0.71	1.81	1.26	0.2	0.03	0.66
	1	…	…	…	…	…	…	…	…	…
F										
ハナフエダイ	12	1.2	−0.13	0.008	0.01	0.52	0.26	0.8	−0.00	0.01
	0	…	…	…	…	…	…	…	…	…
キダイ	11	0.8	0.03	−0.003	0.10	0.04	0.07	0.9	−0.02	0.11
	0	…	…	…	…	…	…	…	…	…
ツノザメ	69	5.5	−0.11	−0.000	1.57	0.00	0.79	5.5	−0.11	1.70
	38	5.2	0.05	−0.012	1.95	0.20	1.07	5.8	−0.15	2.07

魚種	漁獲	$a_{2.0}$	$a_{2.1}$	$a_{2.2}$	F_1	F_2	F_e	$a_{1.0}$	$a_{1.1}$	F_0
アイザメ	7	0.1	0.03	0.002	2.64	0.04	1.34	−0.0	0.06	2.85
	0	…	…	…	…	…	…	…	…	…
H										
シイラ	7	1.7	−0.24	0.008	24.29**	1.79	13.04**	1.4	−0.11	22.90**
	7	1.7	−0.24	0.008	24.29**	1.79	13.04**	1.4	−0.11	22.90**
J										
ハナフエダイ	11	−0.7	0.34	−0.015	9.22*	3.34	6.28*	−0.0	0.10	7.82*
	8	−1.2	0.53	−0.028	4.16	6.95*	5.55*	0.1	0.08	2.85
ヒメダイ	11	0.4	0.19	−0.014	0.44	0.98	0.71	1.0	−0.04	0.44
	6	1.7	−0.12	−0.001	4.11	0.00	2.06	1.8	−0.13	4.45

2) 玉縄による漁獲

魚種	漁獲	$a_{2.0}$	$a_{2.1}$	$a_{2.2}$	F_1	F_2	F_e	$a_{1.0}$	$a_{1.1}$	F_0
2NA1										
メダイ	11	1.9	0.52	−0.119	3.82	0.88	2.35	3.3	−0.43	3.91
	7	1.6	0.84	−0.168	5.40	1.80	3.60	3.6	−0.51	4.66
キンメダイ	30	11.4	−3.51	0.345	3.20	2.04	2.62	7.3	−0.75	2.65
	21	12.4	−3.66	0.323	3.16	0.86	2.01	8.6	−1.07	3.25
2NA2										
キンメダイ	17	9.0	−2.83	0.238	8.93*	1.76	5.35	6.1	−0.93	7.75*
	13	8.0	−2.41	0.202	3.92	0.76	2.34	5.6	−0.79	4.12
ムツ	34	2.0	2.38	−0.333	0.81	3.32	2.07	6.0	−0.29	0.56
	26	3.0	1.71	−0.249	1.66	3.94	2.80	6.0	−0.28	1.05
フジクジラ	6	1.7	−1.52	0.262	6.14	3.87	5.01	−1.4	0.57	3.90
	3	…	…	…	…	…	…	…	…	…
2S										
ハナフエダイ	84	−7.7	5.88	−0.190	44.88**	0.26	22.57**	−5.4	4.36	52.71**
	74	−9.1	7.03	−0.351	27.90**	0.58	14.24**	−4.9	4.22	30.45**
オオメメダイ	7	0.1	0.21	0.000	1.89	0.00	0.95	0.1	0.21	2.37
	4	…	…	…	…	…	…	…	…	…
3N										
ハナフエダイ	47	−4.7	3.75	−0.179	61.23**	1.09	31.16**	−2.6	2.32	60.19**
	39	−5.0	4.15	−0.244	32.65**	1.21	16.93*	−2.1	2.20	31.34**
オオメメダイ	5	0.1	0.44	−0.060	0.05	0.38	0.22	0.9	−0.04	0.05
	0	…	…	…	…	…	…	…	…	…
ツノザメ	16	−2.0	1.13	−0.012	5.14	0.00	2.57	−1.9	1.04	6.42
	12	−1.1	0.38	0.095	6.62	0.14	3.38	−2.3	1.14	8.00*

漁獲……上段は正常な枝縄全部による漁獲尾数（M）
下段は各魚種だけが釣れた枝縄による漁獲尾数（M'）
$M=\Sigma y$

上段の式……正常な枝縄全部による漁獲より求める．
下段の式……各魚種だけが釣れた枝縄による漁獲より求めた式の係数にM/M'をかける．

せる関係を示す魚種が少い理由について考察を加える．ここで用いた玉縄は7本付で，釣針は海底から12 mまでの層に2 m間隔で分布する．したがってここで用いた玉縄の釣針は，先の報告に用いた玉縄の2倍の厚さの層をおおうが釣針の密度は⅓である．7例（5魚種）中6例（4魚種）の M' は10以上である．y_i は立縄の場合より大きく，図4からわかるように，計算値は実測値の変動をよくあらわす．したがって回帰式が有意とみなせないのは，次の3つの理由のいずれでもないと考えられる：(1) 0がそれ以外の値の間に入る，(2) 多数の0を含む小さい自然数よりなる数列を扱う，および(3) 実測値が釣針番号に対し不規則な変動を示す．

回帰式が有意とみなせないのは上記の3つの理由のいずれでもないので，自由度の問題について考察を加える．ここで用いた玉縄は7本付だから，1次式のFに対する自由度は$n_1=1, n_2=5$と極めて低いため，1次式では$F>6.61$，2次式では$F>6.94$でなければ有意とみなせない．

y_i/N（ただしiは1から7まで，Nは全枝縄数）について百分率の検定を行うことが考えられる．しかしこの方法ではy_i/Nのiに伴う変化が無視され，しかもiに伴って傾斜する値を扱うには適当でない．自由度をふやして回帰関係をしらべる方法として，資料を1操業ごとに分け，操業番号をダミー変数であらわし，重回帰分析を行うことが考えられる[7]．この方法によってn回の操業記録より2次回帰式を求めるとすれば，$n_1=n+2, n_2=7n-n-3=6n-3$まで自由度をふやせる．しかしこの方法は多数の0を含む小さい自然数を用いて回帰式を求めることになるので適当でない．すなわち，有意とみなせる回帰式が少ないのは自由度が低いためであり，回帰係数が有意かどうかによって釣獲率の垂直分布を論ずるには，7本付の漁具は適当でなく，すくなくとも10本付以上で，しかも釣針位置別漁獲が大部分の項で5尾以上になるような数の枝縄を用いなければならない．

上に記したように，立縄および玉縄による漁獲について，式1と式2の両方ともが有意とみなせる魚種は少ない．しかし図4に示すように，ほとんどの魚種で式1と式2は実測値の変動をよくあらわし，しかも両式が近い値をとるので，各魚種の漁獲の垂直分布は，同じ枝縄にかかる他魚種の影響をほとんど受けないと考えられる．

2·2　釣獲率垂直分布型の漁場による差異

これまで述べたように，同じ魚種でも釣獲率の垂直分布の型が漁場によって異なる．例えば，ツノザメは漁場3Nでは1型，Aでは2型，(B2)·E2·E3·(F)では4型，ハナフエダイは漁場C·J·2S·3Nでは1型，B1では3型，E1·E2·(F)では4型，ハマダイは漁場B1·E1·E2では2型，Cでは4型，オオメメダイは漁場2Sでは1型，3Nでは4型である（番号は1における釣獲率の垂直分布型の番号……1型：海底に近い釣針で多く漁獲される　2型：海底から遠い釣針で多く漁獲される　3型：中央の深さの釣針——立縄では第8番・玉縄では第4番の釣針——を中心として漁獲される　4型：釣獲率と釣針位置との関係はみられない）．

ある漁場における釣獲率の垂直分布が1～3型のいずれかの型であった魚種の釣獲率が，他の漁場において4型に変ったのは，幹糸部が海底から立ち上がっていなかったためと仮定すれば，上でカッコに入れたように漁場B2とFにおいて4型になったことは説明できる．しかしそれら以外の漁場の間で釣獲率の垂直分布が異なることの説明はできない．

同一魚種の釣獲率の垂直分布が漁場によって異なるもう一つの原因として，同時に漁獲される他魚種の影響が考えられる．他魚種の影響による釣獲率垂直分布の変型は，立縄による漁場B2·E2·Fのように魚食性魚の釣獲率が高い場合や，立縄による漁場B1と玉縄による漁場2NA1·2Sおよび3Nのように同一漁場で漁獲される2魚種の釣獲率が同じ垂直分布型の場合におこりやすいと考えられる．しかしそれら以外の漁場においてもこの可能性を否定できない．

上に述べた可能性について相関係数を用いて検討すると次のようになる：同一漁場で漁獲された主要魚種2種ずつの組み合わせについて，Y_{1i}とY_{2i}の相関係数を求めると表3のようになる（Y_{1i}とY_{2i}はここで取り上げたそれぞれの魚種のY_i）．この表より次のことがわかる：(1)立縄による漁獲では，32組の2主要魚種の組み合わせのすべてについて，Y_{1i}とY_{2i}との間の相関係数は有意とみなせない．(2)玉縄による漁獲では，8組み合わせのうち2組み合わせ（漁場2Sにおけるハナフエダイとオオメメダイ，3Nにおけるハナフエダイとツノザメ）について，釣針位置別漁獲尾数の相関係数は正で有意とみなせる．これら4例（3魚種）の漁獲はいずれも海底に近い釣針ほど多い．しかし負で有意とみなせる相関を示す魚種の組み合わせはみられなかった．立縄で操業した漁場B1では，ハナフエダイとキダイが中央の深さの釣針で多く漁獲された．玉縄で操業した漁場2NA1ではキンメダイとメダイがともに海底より遠い釣針に多く，漁場2NA2では海底より遠い釣針に多いキンメダイと海底に近い釣針に多いフジクジラが漁獲された．前2者では正の，最後の組み合わせでは負の相関がみられるはずであるが，いずれも相関係数は有意とみなせなかった．これは，相関係数は釣獲率の釣針位置に伴う変化をあらわさないためである．

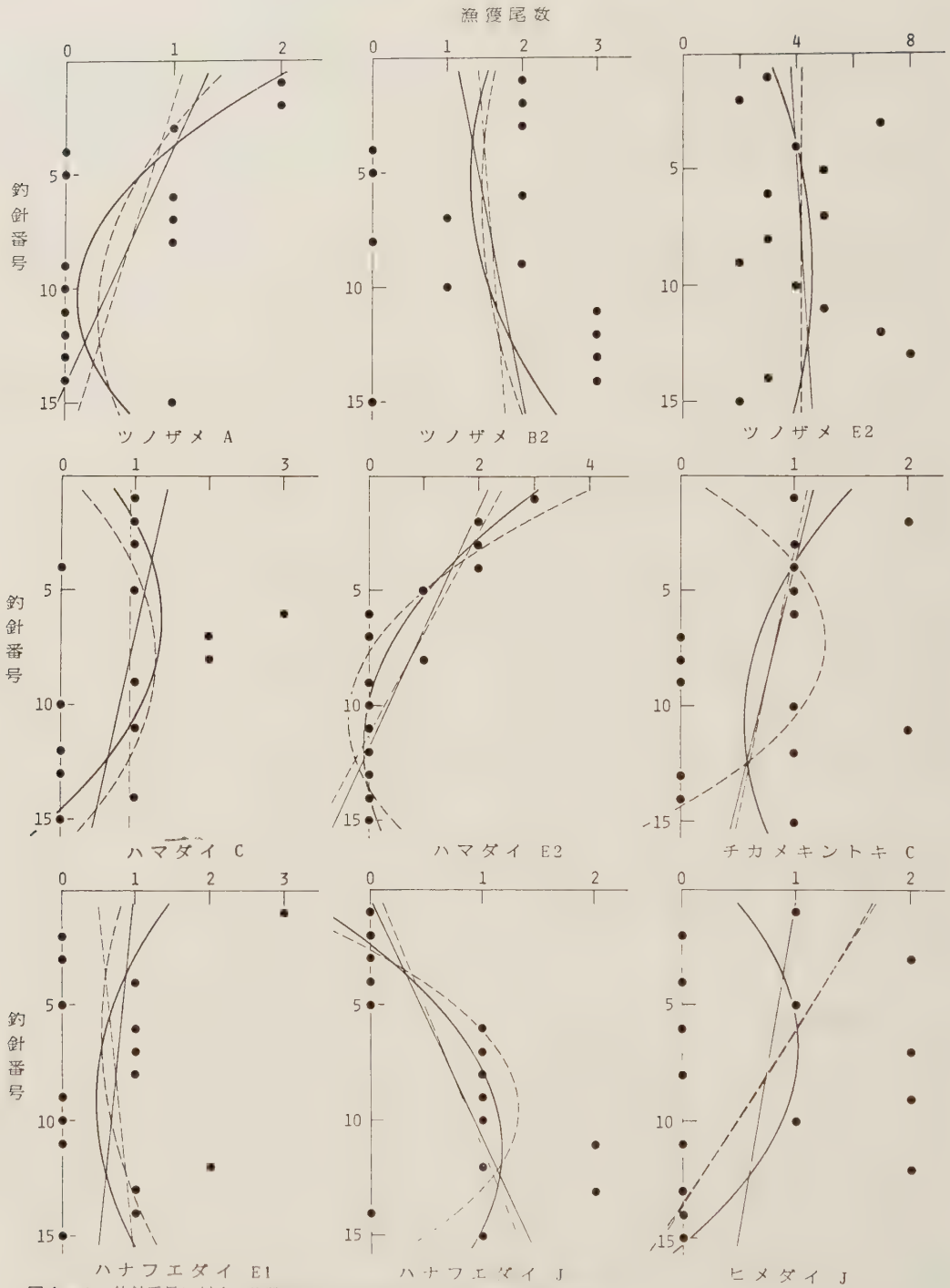


図4－1 釣針番号に対する漁獲尾数の回帰直（曲）線（立縄による漁獲）
——全枝縄による漁獲尾数より求めた回帰直（曲）線
……それぞれの魚種だけが釣れた枝縄による漁獲尾数より求めた回帰直（曲）線 ●全枝縄による漁獲尾数

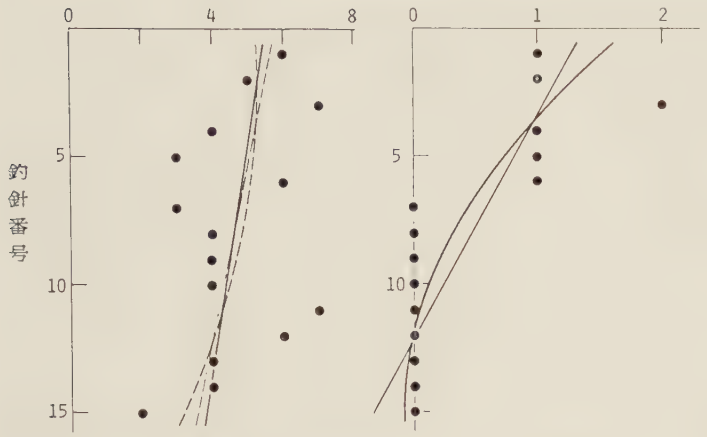


図4－1（つづき）

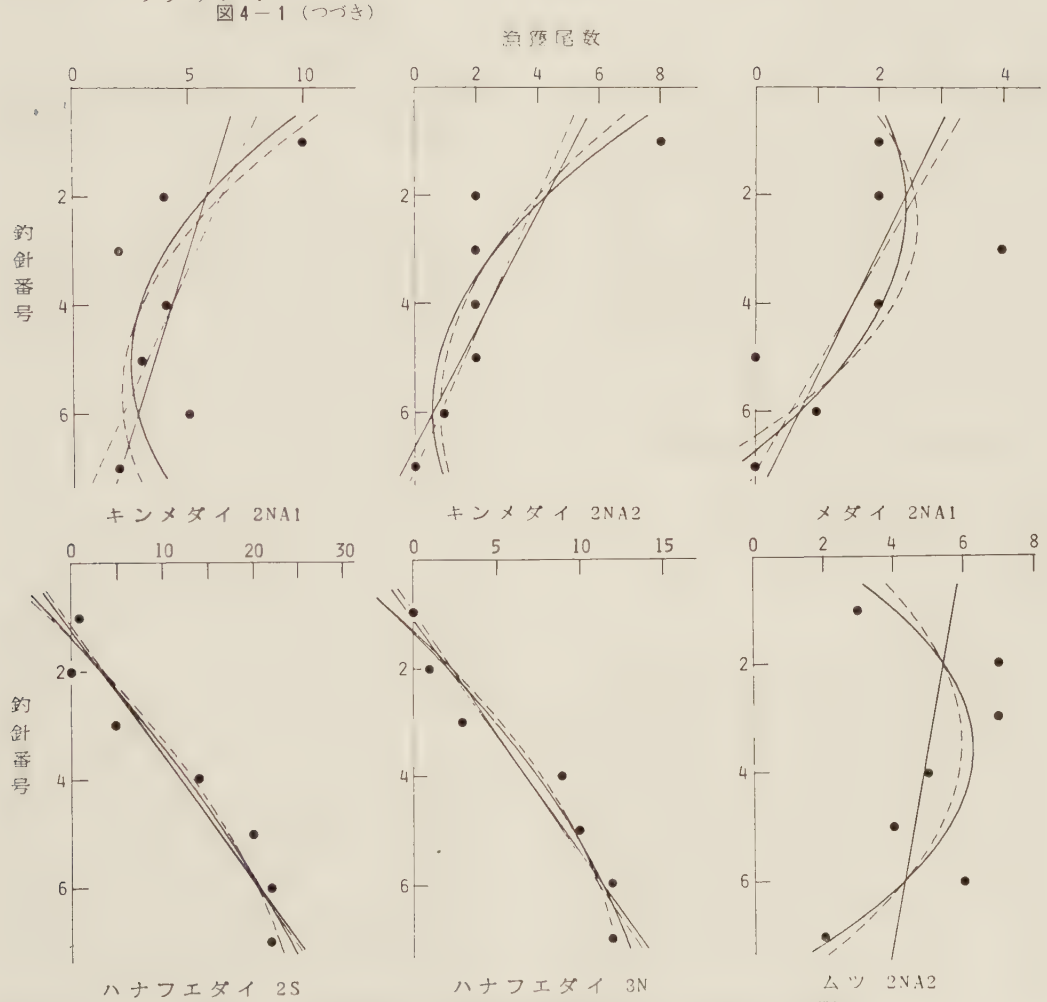


図4－2　釣針番号に対する漁獲尾数の回帰直（曲）線（玉縄による漁獲）

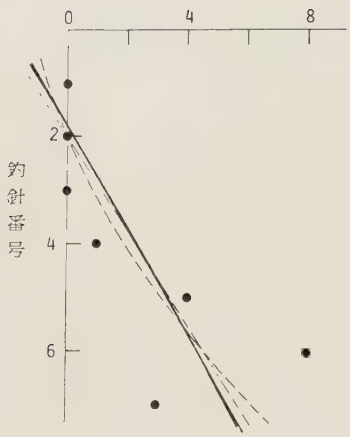


図4－2（つづき）

他魚種が同時に漁獲されたために，それぞれの魚種の釣獲率の垂直分布が変るとすれば，表1に示した Y_i と y_i との相関は有意とみなせないはずである．しかしそのような魚種は少ない．すなわち，釣獲率の垂直分布型が漁場によって異なる魚種があることの原因について，同一漁場内における2魚種の釣獲率の垂直分布の比較，および各魚種だけが漁獲された枝縄による漁獲の垂直分布と全枝縄によるそれとの比較から何の手掛りも見出せない．

2·3 釣獲率の垂直分布型の漁場間による差異と釣獲率との関係

各魚種とも釣獲率は漁場によって異なる．漁獲の垂直分布型がそのために漁場によって異なる可能性について論ずる．

(1) ハマダイ

漁場 B1·E1·E2 では2型，C では4型の分布を示した．漁獲はいずれの漁場でも特定の操業に集中し，漁場 B1 ではNo.202で枝縄1本当り2.1尾，C ではNo.402で1.1尾，E1 ではNo.316とNo.317で0.4尾，E2 ではNo.308で1.1尾漁獲された．したがって漁場 C において釣獲率の垂直分布型が他漁場のそれと異なるのは，釣獲率が他漁場における値より高いため同種の個体間関係が他の漁場よりも深かったことによると考えられない．

次に，同時に漁獲される他魚種の影響による釣獲率垂直分布の変型の可能性について考察を加える．本来2型であるこの魚種の分布が漁場 C では他魚種の影響のため4型になったとすれば，漁場 C のNo.402で海底から遠い釣針に他魚種の漁獲が多いかどうかを調べればよい．しかしNo.402で $i \leqq 5$ の釣針50本のうち4本にハマダイが漁獲されたが，その他は5本に他魚種が漁獲されただけである．したがってこの可能性は否定される．本来4型であるこの魚種の分布が他魚種の存在のために2型に変ったと仮定すれば，漁場 B1（No.202）·E1（No.316，No.317）·E2（No.308）で他魚種の漁獲が海底に近い釣針ほど多いかどうかを調べればよい．しかしこの可能性は認められない．

以上のことにより，ハマダイの釣獲率垂直分布型について次のように結論できる：ハマダイの漁獲は海底から遠い釣針に多い．釣獲率が上っても分布型は変らず，また同時に漁獲される他魚種の影響によっても分布型は変らない．したがって釣針占有における同種の個体間競合によって漁獲が制限される可能性は否定できない．

(2) ハナフエダイ

漁場 C·J·2S·3N では1型，B1 では3型，E1·E2·F では4型の分布を示した．漁場 C ではNo.403で枝縄1本当り0.8尾，J ではNo.401で1.1尾，2S（玉縄）ではNo.201で2.6尾，No.207で1.0尾，3N（玉縄）ではNo.203で1.3尾，No.206で0.5尾漁獲された．したがって漁場による分布型の相違は，釣獲率が異なることに起因する同種個体間の関係の強弱によると考えられない．次に，同時に漁獲される他魚種の影響による釣獲率垂直分布の変型の可能性について考察を加える．本来1型であるこの魚種の分布が漁場 B1·E1·E2·F で他の分布型に変ったと仮定すれば，海底に近い釣針に他魚種の漁獲が多いかどうかを調べればよい．この可能性が認められるのは漁場 F のNo.311（ハナフエダイが漁獲された5本の枝縄の $i \geqq 11$ の釣針25本に，ハナフエダイ3尾とツノザメ・アイザメが9尾漁獲された）だけである．本来3型であるこの魚種の釣獲率垂直分布が，同時に漁獲された他魚種の影響で他の型に変ったと仮定すれば，漁場 C のNo.403，J のNo.401，2S のNo.201とNo.207および 3N のNo.203とNo.206において他魚種の漁獲が海底から遠い釣針に，B1 のNo.202では 他魚種の漁獲が海底に近い釣針と遠い釣針に多いかどうかを調べればよい．しかしこの可能性は認められない．

他魚種――特に大型魚・魚食性魚――の釣獲率が高

いと分布が変型すると考えれば，漁場 F（No.311）においてツノザメとアイザメの漁獲が多いためハナフエダイの分布が 4 型に変ったと考えられる．漁場 B1（No.202）ではハマダイの釣獲率が高い．この魚種は海底から遠い釣針に多いので，ハナフエダイの分布がこの魚種のために変型し 3 型になったと考えられない．

以上より，ハナフエダイの釣獲率垂直分布型は次のようであると考えられる：この魚種は海底に近い釣針に多くかかる．この分布型は同種の釣獲率が高くても変らないが，魚食性魚が多数かかると変型する．すなわち，釣獲率は同種の個体間関係の影響をうけ，分布型は魚食性魚との種間関係の影響をうける．

(3)　ツノザメ

漁場 3N では 1 型，A では 2 型，B2·E2·E3·F では 4 型である．漁獲はいずれの漁場でも特定の操業に集中し，漁場 3N では No.103 で枝縄 1 本当り 0.4 尾，No.104 で 0.2 尾，A では No.301 で 0.9 尾，B2 では No.305 で 1.8 尾，No.306 で 0.5 尾，E2 では No.322～324 で 2.6 尾，E3 では No.320 と No.312 で 1.6 尾と 1.2 尾，F では各操業とも多く平均 2.4 尾である．漁場 A の No.301 は急斜面の操業で，揚縄水深は投縄水深より 200 m 以上深くなり，着底したと考えられないので除く．この魚種は釣獲率が低いときには主に海底に近い釣針で獲れるが，釣獲率が高いときには他の釣針でも獲れるので，釣針占有における同種個体間の競合のために釣獲率が影響をうける可能性は低いと考えられる．また大型の魚食性魚であるので，他魚種との種間関係のために漁獲が減少する可能性は考えられない．

(4)　オオメメダイ

漁場 2S では 1 型，3N では 4 型である．両漁場で 6 尾ずつ漁獲されたが，漁場 2S では 1 操業に 3 尾以下しか漁獲されなかったため，分布の基本型と他魚種の影響による変型の可能性に関する考察はできない．

(5)　キダイ

漁場 B1 では 3 型，F では 4 型である．キダイが漁獲された B1 の No.202 ではハマダイ（海底から遠い釣針に多い）の漁獲が枝縄 1 本当り 2.1 尾，F の No.312 ではツノザメが 1.2 尾漁獲されたので，それらによる釣獲率垂直分布の変型の可能性が考えられる．

(6)　キンメダイ

玉縄による漁場 2NA1 と 2NA2 で漁獲された．ともに 2 型であった．

(7)　その他の魚種が 5 尾以上漁獲されたのは，1 漁場ずつであるので分布型の比較はできない．

以上をまとめると，各魚種の釣獲率垂直分布型は次のようであると考えられる：ハマダイの漁獲は海底から遠い釣針に多く，釣獲率が上っても分布型は変らない．ハナフエダイは海底に近い釣針に多くかかり，釣獲率が上っても分布型は変らないが，他の大型魚・魚食性魚が多数かかると変型する．ツノザメは釣獲率が低いときには海底近くの釣針に限られるが，釣獲率が高いとどの釣針でも漁獲される．漁場 B2 と F で，釣針位置に伴って釣獲率が変る魚種がみられなかったのはツノザメの釣獲率が高かったためと考えられる．

すなわち，立縄のように釣針数が限られた漁法では，各魚種の釣獲率とその垂直変化は，漁具が正常に作動したかどうかの他に，大型魚・魚食性魚の釣獲率が高いときにはその影響を受ける．

3.　漁獲の集中性に関する検討

立縄では 1 回に使用できる釣針数が限られる．釣獲率と漁獲組成が同時に使用した各縄で同じような値をとれば，立縄は海底が荒い漁場における資源の相対的な密度を知る調査用具として使用できる．しかし漁獲が特定の縄に集中するとすれば釣獲率はその漁場における資源の相対的密度を代表すると考えられないので，同じ漁場において繰返し操業しなければならない．また次に述べる立縄と玉縄の間の操作法の相違が，漁獲分布にも反映することが考えられる：立縄では 1 本ずつ投入できるので漁獲能力を狭い地点に集中できる．しかし玉縄では等間隔に枝縄がついた幹縄を，ほぼ直線に沿って投入するので漁獲能力を狭い地点に集中できない．このような操作法の相違のため，立縄では目的とする魚種の密度が高い地点に集中的に投入されたとすれば，釣針占有における同魚種個体間の競合はどの縄でも激しく，その結果釣針位置に伴う釣獲率の変化がみられなくなる可能性が考えられる．これに対し一連の玉縄ではその一部分でそのようなことが起きても，他の部分では起こらないとすれば，同種の個体間競合が激しくない部分における釣獲率垂直分布のため，一連の玉縄全体による釣獲率が釣針位置に伴って変ると考えられる．これらの問題に対し，この項では各魚種の漁獲が特定の枝縄に集中するかどうかを，次項では漁獲組成が各枝縄によって異なるかど

表3 2魚種の微細垂直分布間の相関係数

1) 立縄による漁獲

B1

	ハナフエダイ	キダイ	ハマダイ
ハナフエダイ		0.121	0.065
キダイ	…		−0.299
ハマダイ	…	…	

C

	ハナフエダイ	ヒメダイ	チカメキントキ	ハマダイ	サメの一種
ハナフエダイ		0.047	−0.187	−0.026	−0.236
ヒメダイ	…		−0.029	0.285	0.199
チカメキントキ	…	…		−0.143	0.217
ハマダイ	…	…	0.100		0.387
サメの一種	…	…	…	…	

E1

	ハナフエダイ	ハマダイ	ヨリトフグ
ハナフエダイ		−0.001	−0.307
ハマダイ	…		0.188
ヨリトフグ	…	…	

E2

	ハナフエダイ	ハマダイ	ツノザメ	アイザメ
ハナフエダイ		−0.153	−0.128	0.033
ハマダイ	…		−0.114	0.225
ツノザメ	…	0.151		−0.131
アイザメ	…	…	…	

E3

	ヒョウザメ	ツノザメ	アイザメ
ヒョウザメ		0.100	0.264
ツノザメ	…		0.142
アイザメ	…	…	

F

	ハナフエダイ	キダイ	ツノザメ	アイザメ
ハナフエダイ		0.020	0.127	0.066
キダイ	…		0.203	0.202
ツノザメ	…	…		−0.163
アイザメ	…	…	…	

J

	ハナフエダイ	ヒメダイ
ハナフエダイ		−0.123
ヒメダイ	−0.212	

2) 玉縄による漁獲

2NA1

	メダイ	キンメダイ
メダイ		0.081
キンメダイ	0.065	

2NA2

	キンメダイ	ムツ	フジクジラ
キンメダイ		−0.218	−0.437
ムツ	−0.099		−0.694
フジクジラ	…	…	

2S

	ハナフエダイ	オオメメダイ
ハナフエダイ		0.767*
オオメメダイ	…	

3N

	ハナフエダイ	オオメメダイ	ツノザメ
ハナフエダイ		−0.235	0.787*
オオメメダイ	…		−0.549
ツノザメ	0.786*	…	

右上……正常な全枝縄による漁獲の微細垂直分布間
左下……各魚種だけが釣れた枝縄による漁獲の垂直分布間

うかについて検討を加える．

一般にある魚種の漁獲が特定の枝縄に集中する傾向を示すかどうかは，1本の枝縄の漁獲尾数の頻度分布が二項分布に適合するかどうかによって判断できる．しかし立縄と玉縄はともに釣獲率が低いため1本の枝縄にかかった尾数の頻度分布では，0尾と1尾以外の項の頻度が5をこえることは少ないので頻度分布型の検定はできない．したがってこの問題の検討は前報[1]と同じ方法によった．

ある魚種が1尾でも漁獲された枝縄の実測本数を N_0，各個体が機会的に分布すると仮定したときその魚種が1尾でも漁獲される枝縄の出現期待値を N_1，および N_1 に対し釣獲率の垂直変化に対する補正を行なった値を N_2 とする．$N_0=N_i$ を帰無仮説とする F の値を F_i とする（ただし i は1または2）．この際みかけ上 $N_0>N_i$ のときは $N_0<N_i$ になる確率を，$N_0<N_i$ のときは $N_0>N_i$ になる確率を扱った．この検定結果を表4に示す．この表から次のことがわかる：

立縄による漁獲……(1)ここで検定した27例（11魚種）中26例では，N_0 は N_1 および N_2 より小さく，次の8例では N_0 と N_1 の差が有意とみなせる：ハマダイ

(B1·E2)，ツノザメ (B2·E2·E3·F)，チカメキントキ (C)，シイラ (H)．(2) N_2 は N_1 よりやや大きくなり，そのために N_0 との差が有意と見なせる例に次の2例が加わる：ハマダイ (E1)，ハナフエダイ (E1)．(3) N_0 が N_1 より大きいのはハナフエダイ (B1) だけであり，この差は有意とみなせない．

玉縄による漁獲……(1)検定を行なった10例 (7魚種) 中，N_0 が N_1 より小さいとみなせるのは1例 (ムツ 2NA2) だけである．(2) N_0 が N_2 より小さいとみなせるのは，ムツ (2NA2) とハナフエダイ (2S) の2例だけである．(3) N_0 が N_1 または N_2 より大きいのは，フジクジラ (2NA2) とオオメメダイ (2S) の2例であるがいずれも差は有意とみなせない．

上に記したように，立縄による漁獲では約⅓，玉縄による漁獲では⅕の例について，同じ魚種が同じ枝縄にかかりやすい傾向が認められた．立縄は同じ地点で次々に投入しても，1本ずつ異なるパターンにしたがって漂流するので，見失わないようにするためには，昼間は1回に10本ずつ，薄暮以後は5本ずつしか投入できなかった．そのため1回ずつの結果では漁獲尾数が少なく統計的に扱えないので，ほぼ同じ位置で行った数回の操業結果を合計して扱った．玉縄では立縄より多くの枝縄を扱えるが，釣獲率が低いため同じ礁で操業した数回の操業結果を合計して扱った．したがって同じ魚種が同じ枝縄にかかる傾向は，その漁獲が特定の操業に集中しているためかどうかを調べなければならない．

この可能性について検討するため，同じ枝縄にかかる傾向を示した魚種の漁場別漁獲を，さらに操業ごとに分けると次のようになる (カッコ外の数字は操業番号，カッコ内の数字の分子は漁獲尾数，分母は枝縄数である．漁獲が集中した操業番号は太字で示した)．

立縄による漁獲

ハマダイ	B1	No.201 (0/10)，No.202 (21/10)
	E1	No.302 (2/10)，No.309 (0/5)，No.316 (4/10)，No.317 (4/10)，No.318 (1/10)
	E2	No.308 (11/10)，No.322 (0/10)，No.323 (0/10)，No.324 (0/10)
ツノザメ	B2	No.204 (1/10)，No.305 (18/10)，No.306 (5/10)
	E2	No.308 (0/10)，No.322 (42/10)，No.323 (20/10)，No.324 (16/10)
	E3	No.315 (0/5)，No.319 (3/5)，No.320 (8/5)，No.321 (6/5)
	F	No.310 (29/10)，No.311 (29/10)，No.312 (11/10)
チカメキントキ	C	No.402 (1/10)，No.403 (8/10)，No.404 (3/10)
ハナフエダイ	E1	No.302 (0/10)，No.309 (9/5)，No.316 (0/10)，No.317 (0/10)，No.318 (2/10)
シイラ	H	No.101 (7/10)，No.102 (0/10)

玉縄による漁獲

ムツ	2NA2	No.109 (6/30)，No.209 (10/30)，No.210 (24/30)
ハナフエダイ	2S	No.102 (10/20)，No.106 (11/45)，No.110 (8/30)，No.201 (23/9)，No.202 (6/13)，No.207 (29/30)

すなわち，表4に示した検定結果から，同じ枝縄にかかる傾向がみとめられた魚種は，その漁獲が同じ漁場で行なわれた数回の操業のうちの特定の1～2操業に集中したためにそのような傾向を示すことがわかる．すくなくともこれらの6魚種 (ハマダイ・ツノザメ・チカメキントキ・ハナフエダイ・シイラ・ムツ) の釣獲率は，操業位置のわずかな違いによって大きく変るので，平均釣獲率は各漁場における魚種の密度を表わすと考えられない．

4. 任意の2魚種が獲れる枝縄数に関する検討

底魚類の分布が深度・底質・海底の微細地形によって変るとすれば，主要魚種は相互に同じ枝縄にかかる傾向を示すかどうかによって，いくつかの組に分かれるはずである．2・2では同じ漁場で漁獲された魚種より選んだ2魚種ずつの組み合わせについて，それらが同じような垂直分布を示すかどうかを検討した．また2・3では釣獲率の垂直分布が同じ操業で漁獲された他魚種の影響によって変るかどうかを検討した．しかし2・2および2・3で得られた結果に対する評価は，取り上げた2魚種が同じ枝縄にかかる傾向を示すか，異なる枝縄にかかる傾向を示すかによって異な

表4　各魚種が釣れた枝縄数の検討

1) 立縄による漁獲

漁場	魚種	M	N	N_0	N_1	F_1	N_2	F_2	n_1	n_2
A	ツノザメ	20	9	5	7.33	1.448	7.46	1.489	12	30
B1	ハナフエダイ	19	9	8	7.26	1.078	7.47	1.029	24	16
	キダイ		6	4	5.19	1.128	5.44	1.203	10	30
	ハマダイ		21	7	12.97	3.228**	13.36	3.554**	16	24
B2	ツノザメ	30	24	9	16.82	2.678**	16.97	2.736**	20	42
C	ハナフエダイ	30	9	5	7.84	1.475	8.13	1.550	12	50
	ヒメダイ		9	6	7.84	1.214	7.94	1.234	14	48
	チカメキントキ		12	5	10.00	2.083*	10.07	2.107*	12	50
	ハマダイ		14	7	11.33	1.744	11.45	1.774	16	46
	サメの一種		5	2	4.63	1.703	4.68	1.724	6	56
E1	ハナフエダイ	45	11	5	9.83	1.863	9.93	1.887*	12	80
	ハマダイ		11	5	9.83	1.863	9.95	1.892*	12	80
	ヨリトフグ		6	5	5.64	0.955	5.70	0.966	12	80
E2	ハナフエダイ	34	6	3	5.53	1.505	5.60	1.529	8	62
	ハマダイ		11	4	9.48	2.321*	9.65	2.379*	10	60
	ツノザメ		63	18	29.30	5.244**	29.44	5.431**	38	32
	アイザメ		12	8	10.21	1.240	10.28	1.252	18	52
E3	ヒョウザメ	20	7	4	5.96	1.360	6.07	1.395	10	32
	ツノザメ		17	6	11.66	2.798*	11.90	2.938**	14	28
	アイザメ		6	5	5.23	0.885	5.30	0.901	12	30
F	ハナフエダイ	30	12	8	10.00	1.222	10.07	1.236	18	44
	キダイ		11	7	9.30	1.292	9.49	1.330	16	46
	ツノザメ		69	22	27.53	3.876**	27.59	3.982**	46	16
	アイザメ		7	5	6.29	1.105	6.37	1.122	12	50
H	シイラ	19	7	2	5.92	2.562*	6.03	2.633*	6	34
J	ハナフエダイ	34	11	7	9.48	1.306	9.56	1.321	16	54
	ヒメダイ		11	6	9.48	1.548	9.61	1.575	14	56

2) 玉縄による漁獲

2NA1	メダイ	40	11	9	9.79	1.004	9.91	1.020	20	62
	キンメダイ		30	20	21.91	1.153	22.25	1.194	42	40
2NA2	キンメダイ	69	17	13	15.31	1.140	15.56	1.164	28	112
	ムツ		34	20	27.61	1.556*	27.72	1.567*	42	98
	フジクジラ		6	6	5.78	1.025	5.93	0.998	128	12
2S	ハナフエダイ	129	84	54	63.87	1.337	65.24	1.395*	110	150
	オオメメダイ		7	7	6.84	1.017	6.85	1.014	246	14
3N	ハナフエダイ	108	47	35	39.09	1.150	39.63	1.175	72	146
	オオメメダイ		5	3	4.90	1.248	4.92	1.252	8	210
	ツノザメ		16	14	15.02	1.012	15.25	1.030	30	188

M……正常な枝縄数
N……正常な枝縄による漁獲尾数
N_0……各魚種が釣れた枝縄の実測数
N_1……機会的分布と仮定したときの各魚種が釣れる枝縄数の計算値
F_1……帰無仮説 $N_1=N_0$ のときの F
N_2……微細垂直分布に対する補正をしたとき各魚種が釣れる枝縄数の計算値
F_2……帰無仮説 $N_2=N_0$ のときの F
n_1, n_2…自由度

る．この項ではこの問題を検討する．

同じ漁場で5尾以上漁獲された魚種より2魚種ずつの組み合わせを考え，ここで取り上げる魚種をそれぞれ魚種1および魚種2とする．これら2魚種の関係を考える場合でも，その他の魚種の影響が考えられるので，魚種1・2以外を一括して魚種3とする．これら3魚種が相互に独立に分布すると仮定したとき，それぞれの漁獲組成の枝縄の出現期待数とそれらに対応する実測数および実測数と期待数の比較に関する χ^2 の計算値を表5に示す．この表によれば立縄による漁獲

表5 2魚種が釣れた枝縄数に関する2×2×2表の検討

1) 立縄による漁獲

魚種 1	魚種 2	N_1 / P_1	N_2 / P_2	N_3 / P_3	$N_{1.2\,3}$	$N_{1.2\,0}$
B1						
ハナフエダイ	キダイ	8 0.421	4 0.211	9 0.474	2 0.80	0 0.89
ハナフエダイ	ハマダイ	8 0.421	7 0.368	6 0.316	2 0.93	3 2.02
キダイ	ハマダイ	4 0.211	7 0.368	8 0.421	1 0.62	1 0.85
C						
ハナフエダイ	ヒメダイ	5 0.167	6 0.200	19 0.633	1 0.63	0 0.37
ハナフエダイ	チカメキントキ	5 0.167	5 0.167	19 0.633	1 0.53	0 0.31
ハナフエダイ	ハマダイ	5 0.167	7 0.233	18 0.600	2 0.70	0 0.47
ハナフエダイ	サメの一種	5 0.167	2 0.067	19 0.633	0 0.21	2 0.12
ヒメダイ	チカメキントキ	6 0.200	5 0.167	16 0.533	1 0.53	1 0.47
ヒメダイ	ハマダイ	6 0.200	7 0.233	16 0.533	1 0.75	0 0.65
ヒメダイ	サメの一種	6 0.200	2 0.067	19 0.633	0 0.25	0 0.15
チカメキントキ	ハマダイ	5 0.167	7 0.233	16 0.533	1 0.62	0 0.54
チカメキントキ	サメの一種	5 0.167	2 0.067	19 0.633	0 0.21	0 0.12
ハマダイ	サメの一種	7 0.233	2 0.067	18 0.600	0 0.28	0 0.19
E1						
ハナフエダイ	ハマダイ	5 0.111	5 0.111	17 0.378	0 0.21	0 0.35
ハナフエダイ	ヨリトフグ	5 0.111	5 0.111	15 0.333	0 0.19	0 0.37
ハマダイ	ヨリトフグ	5 0.111	5 0.111	16 0.356	0 0.20	0 0.36
E2						
ハナフエダイ	ハマダイ	3 0.088	4 0.118	24 0.706	1 0.25	1 0.10
ハナフエダイ	ツノザメ	3 0.088	18 0.529	18 0.529	0 0.84	0 0.75
ハナフエダイ	アイザメ	3 0.088	8 0.235	26 0.765	0 0.54	0 0.17
ハマダイ	ツノザメ	4 0.118	18 0.529	16 0.471	0 1.00	0 1.12
ハマダイ	アイザメ	4 0.118	8 0.235	24 0.706	0 0.66	0 0.28
ツノザメ	アイザメ	18 0.529	8 0.235	13 0.382	2 1.62	4 2.62
E3						
ヒョウザメ	ツノザメ	4 0.200	6 0.300	7 0.350	0 0.42	2 0.78
ヒョウザメ	アイザメ	4 0.200	5 0.250	8 0.400	0 0.40	1 0.60

$N_{1.0.3}$	$N_{0.2.3}$	$N_{1.0.0}$	$N_{0.2.0}$	$N_{0.0.3}$	$N_{0.0.0}$	χ_0^2	Pr.
5	1	1	1	1	8	10.649**	0.005>
2.99	1.10	3.32	1.22	4.11	4.57		
2	1	1	1	1	8	7.618**	0.005>
1.60	1.28	3.46	2.77	2.19	4.75		
1	4	1	1	2	8	5.268*	0.025—0.010
1.06	2.33	1.46	3.20	3.99	5.48		
4	3	0	2	11	9	3.517	0.100—0.050
2.53	3.17	1.47	1.83	12.67	7.33		
4	2	0	2	12	9	3.609	0.100—0.050
2.64	2.64	1.53	1.53	13.19	7.64		
3	2	0	3	11	9	5.714*	0.025—0.010
2.30	3.50	1.53	2.33	11.50	7.67		
3	0	0	0	16	9	32.563**	0.005
2.96	1.06	1.71	0.61	14.78	8.56		
2	1	2	2	12	9	2.022	0.250—0.100
2.67	2.13	2.33	1.87	10.67	9.33		
3	3	2	3	9	9	1.016	0.500—0.250
2.45	2.99	2.15	2.61	9.81	8.59		
4	2	2	0	13	9	2.181	0.250—0.100
3.55	1.01	2.05	0.59	14.19	8.21		
2	3	2	3	10	9	0.837	0.500—0.250
2.04	3.11	1.79	2.72	10.22	8.94		
3	2	2	0	14	9	1.903	0.250—0.100
2.96	1.06	1.71	0.61	14.78	8.56		
4	2	3	0	12	9	2.487	0.250—0.100
3.92	0.92	2.61	0.61	12.88	8.59		
2	3	3	2	12	23	2.075	0.250—0.100
1.68	1.68	2.77	2.77	13.43	22.12		
2	1	3	4	12	23	1.280	0.500—0.250
1.48	1.48	2.96	2.96	11.85	23.70		
3	1	2	4	12	23	2.788	0.100—0.050
1.58	1.58	2.86	2.86	12.64	22.91		
1	0	0	2	22	7	15.070**	0.005>
1.87	2.57	0.78	1.07	19.31	8.04		
3	9	0	9	6	7	9.651**	0.005>
0.75	8.69	0.66	7.72	7.72	6.87		
3	7	0	1	16	7	3.404	0.100—0.050
1.75	5.58	0.54	1.72	18.13	5.58		
2	9	2	9	5	7	5.319*	0.025—0.010
0.89	7.47	1.00	8.41	6.64	7.47		
2	7	2	1	15	7	3.771	0.100—0.050
2.16	4.98	0.90	2.08	16.19	6.75		
3	1	9	1	7	7	3.907*	0.050—0.025
5.26	1.44	8.50	2.33	4.68	7.56		
1	3	1	1	3	9	5.798*	0.025—0.010
0.98	1.68	1.82	3.12	3.92	7.28		
2	3	1	1	3	9	4.722*	0.050—0.025
1.20	1.60	1.80	2.40	4.80	7.20		

魚種 1	魚種 2	N_1 P_1	N_2 P_2	N_3 P_3	$N_{1.2.3}$	$N_{1.2.0}$
ツノザメ	アイザメ	6 0.300	5 0.250	8 0.400	0 0.60	1 0.90
F						
ハナフエダイ	キダイ	8 0.267	7 0.233	23 0.767	1 1.43	1 0.44
ハナフエダイ	ツノザメ	8 0.267	22 0.733	12 0.400	4 2.35	2 3.52
ハナフエダイ	アイザメ	8 0.267	5 0.167	24 0.800	3 1.07	0 0.27
キダイ	ツノザメ	7 0.233	22 0.733	13 0.433	3 2.22	2 2.91
キダイ	アイザメ	7 0.233	5 0.167	24 0.800	0 0.93	1 0.23
ツノザメ	アイザメ	22 0.733	5 0.167	14 0.467	3 1.71	1 1.96
J						
ハナフエダイ	ヒメダイ	7 0.206	6 0.176	10 0.294	1 0.36	0 0.87

2) 玉縄による漁獲

魚種 1	魚種 2	N_1 P_1	N_2 P_2	N_3 P_3	$N_{1.2.3}$	$N_{1.2.0}$
2NA1						
メダイ	キンメダイ	9 0.225	20 0.500	3 0.075	0 0.34	4 4.16
2NA2						
キンメダイ	ムツ	13 0.188	20 0.290	10 0.145	0 0.55	3 3.22
キンメダイ	フジクジラ	13 0.188	6 0.087	23 0.333	0 0.38	0 0.75
ムツ	フジクジラ	20 0.290	6 0.087	17 0.246	0 0.43	3 1.31
2S						
ハナフエダイ	オオメメダイ	54 0.419	7 0.054	11 0.085	0 0.25	3 2.68
3N						
ハナフエダイ	オオメメダイ	35 0.324	3 0.028	19 0.176	1 0.17	2 0.80
ハナフエダイ	ツノザメ	35 0.324	14 0.130	9 0.083	0 0.38	2 4.16
オオメメダイ	ツノザメ	3 0.028	14 0.130	39 0.361	0 0.14	0 0.25

N_1……魚種 1 が釣れた枝縄数
N_2……魚種 2 が釣れた枝縄数
N_3……魚種 1・魚種 2 以外（以下魚種 3 と呼ぶ）が釣れた枝縄数
P_i……魚種 i が釣れた枝縄の出現率
N_{ijk} 上段……魚種 i・魚種 j・魚種 k が釣れた枝縄の実測数（釣れないときは魚種番号の代りに 0 で表示する）
下段……魚種 i・魚種 j・魚種 k が相互に独立に分布すると仮定したときの N_{ijk} の計算値

$N_{1.0.3}$	$N_{0.2.3}$	$N_{1.0.0}$	$N_{0.2.0}$	$N_{0.0.3}$	$N_{0.0.0}$	χ_0^2	Pr.
4 1.80	3 1.40	1 2.70	1 2.10	1 4.20	9 6.30	10.370**	0.005>
5 4.70	5 3.94	1 1.43	0 1.20	12 12.93	5 3.94	2.851	0.100—0.050
1 0.85	6 6.45	1 1.28	10 9.68	1 2.35	5 3.52	3.345	0.100—0.050
4 5.33	2 2.93	1 1.33	0 0.73	15 14.67	5 3.67	5.710*	0.025—0.010
2 0.81	7 7.31	0 1.06	10 9.56	1 2.66	5 3.48	5.102*	0.025—0.010
6 4.67	4 3.07	0 1.17	0 0.77	14 15.33	5 3.83	6.522*	0.025—0.010
8 8.56	1 0.62	10 9.78	0 0.71	2 3.11	5 3.56	3.403	0.100—0.050
2 1.70	2 1.40	4 4.07	3 3.36	5 6.54	17 15.70	2.809	0.100—0.050

$N_{1.0.3}$	$N_{0.2.3}$	$N_{1.0.0}$	$N_{0.2.0}$	$N_{0.0.3}$	$N_{0.0.0}$	χ_0^2	Pr.
0 0.34	2 1.16	5 4.16	14 14.34	1 1.16	14 14.34	1.492	0.250—0.100
0 1.34	4 2.35	10 7.89	13 13.88	6 5.76	33 34.00	3.710	0.100—0.050
3 3.96	3 1.62	10 7.91	3 3.25	17 17.04	33 34.09	3.133	0.100—0.050
4 4.50	0 1.05	13 13.76	3 3.21	13 11.02	33 33.72	4.137*	0.050—0.025
4 4.35	0 0.35	47 46.71	4 3.72	7 6.05	64 64.88	0.848	0.500—0.250
4 5.99	0 0.36	28 28.04	0 1.67	14 12.49	59 58.49	8.687**	0.005 >
5 2.54	2 0.79	28 27.92	10 8.67	2 5.29	59 58.24	8.009**	0.005 >
3 0.94	4 4.92	0 1.67	10 8.70	32 33.00	59 58.39	6.948**	0.010—0.005

表6 2魚種が釣れた枝縄数に関する2×2表の検討

1) 立縄による漁獲

魚種 1	魚種 2	$N_{12.}$	$N_{10.}$	$N_{02.}$	$N_{00.}$	χ_0^2 Pr.
B1						
ハナフエダイ	キダイ	2 1.68	6 6.32	2 2.32	9 8.68	0.044 0.900—0.750
ハナフエダイ	ハマダイ	5 2.95	3 5.05	2 4.05	9 6.95	2.237 0.250—0.100
キダイ	ハマダイ	2 1.47	2 2.53	5 5.53	10 9.47	0.001 >0.900
C						
ハナフエダイ	ヒメダイ	1 1.00	4 4.00	5 5.00	20 20.00	0.000 >0.900
ハナフエダイ	チカメキントキ	1 0.83	4 4.17	4 4.17	21 20.83	0.192 0.750—0.500
ハナフエダイ	ハマダイ	2 1.17	3 3.83	5 5.83	20 19.17	0.149 0.750—0.500
ハナフエダイ	サメの一種	2 0.33	3 4.67	0 1.67	25 23.33	5.250* 0.025—0.010
ヒメダイ	チカメキントキ	2 1.00	4 5.00	3 4.00	21 20.00	0.375 0.750—0.500
ヒメダイ	ハマダイ	1 1.40	5 4.60	6 5.60	18 18.40	0.012 >0.900
ヒメダイ	サメの一種	0 0.40	6 5.60	2 1.60	22 22.40	0.033 0.900—0.750
チカメキントキ	ハマダイ	1 1.17	4 3.83	6 5.83	19 19.17	0.149 0.750—0.500
チカメキントキ	サメの一種	0 0.33	5 4.67	2 1.67	23 23.33	0.107 0.750—0.500
ハマダイ	サメの一種	0 0.47	7 6.53	2 1.53	21 21.47	0.003 >0.900
E1						
ハナフエダイ	ハマダイ	0 0.56	5 4.44	5 4.44	35 35.56	0.007 >0.900
ハナフエダイ	ヨリトフグ	0 0.56	5 4.44	5 4.44	35 35.56	0.007 >0.900
ハマダイ	ヨリトフグ	0 0.56	5 4.44	5 4.44	35 35.56	0.007 >0.900
E2						
ハナフエダイ	ハマダイ	2 0.35	1 2.65	2 3.65	29 27.35	4.634* 0.050—0.025
ハナフエダイ	ツノザメ	0 1.59	3 1.41	18 16.41	13 14.59	1.738 0.250—0.100
ハナフエダイ	アイザメ	0 0.71	3 2.29	8 7.29	23 23.71	0.086 0.900—0.750
ハマダイ	ツノザメ	0 2.12	4 1.88	18 15.88	12 14.12	2.976 0.100—0.050
ハマダイ	アイザメ	0 0.94	4 3.06	8 7.06	22 22.94	0.306 0.750—0.500
ツノザメ	アイザメ	6 4.24	12 13.76	2 3.76	14 12.24	1.049 0.500—0.250
E3						
ヒョウザメ	ツノザメ	2 1.20	2 2.80	4 4.80	12 11.20	0.134 0.750—0.500
ヒョウザメ	アイザメ	1 1.00	3 3.00	4 4.00	12 12.00	0.000 >0.900

$N_{1.3}$	$N_{1.0}$	$N_{0.3}$	$N_{0.0}$	χ_0^2 Pr.	$N_{.23}$	$N_{.20}$	$N_{.03}$	$N_{.00}$	χ_0^2 Pr.
7	1	2	9	6.363*	3	1	6	9	0.465
3.79	4.21	5.21	5.79	0.025—0.010	1.89	2.11	7.11	7.89	0.500—0.250
4	4	2	9	0.947	3	4	3	9	0.088
2.53	5.47	3.47	7.53	0.500—0.250	2.21	4.79	3.79	8.21	0.900—0.750
2	2	6	9	0.044	5	2	3	9	2.237
1.68	2.32	6.32	8.68	0.900—0.750	2.95	4.05	5.05	6.95	0.250—0.100
5	0	14	11	1.837	4	2	15	9	0.081
3.17	1.83	15.83	9.17	0.250—0.100	3.80	2.20	15.20	8.80	0.900—0.750
5	0	14	11	1.837	3	2	16	9	0.115
3.17	1.83	15.83	9.17	0.250—0.100	3.17	1.83	15.83	9.17	0.750—0.500
5	0	13	12	2.250	4	3	14	9	0.070
3.00	2.00	15.00	10.00	0.250—0.100	4.20	2.80	13.80	9.20	0.900—0.750
3	2	16	9	0.115	0	2	19	9	1.356
3.17	1.83	15.83	9.17	0.750—0.500	1.27	0.73	17.73	10.27	0.250—0.100
3	3	13	11	0.075	2	3	14	11	0.027
3.20	2.80	12.80	11.20	0.900—0.750	2.67	2.33	13.33	11.67	0.900—0.750
4	2	12	12	0.075	4	3	12	11	0.041
3.20	2.80	12.80	11.20	0.900—0.750	3.73	3.27	12.27	10.73	0.900—0.750
4	2	15	9	0.081	2	0	17	11	0.126
3.80	2.20	15.20	8.80	0.900—0.750	1.27	0.73	17.73	10.27	0.750—0.500
3	2	13	12	0.027	4	3	12	11	0.041
2.67	2.33	13.33	11.67	0.900—0.750	3.73	3.27	12.27	10.73	0.900—0.750
3	2	16	9	0.115	2	0	17	11	0.126
3.17	1.83	15.83	9.17	0.750—0.500	1.27	0.73	17.73	10.27	0.750—0.500
4	3	14	9	0.070	2	0	16	12	0.201
4.20	2.80	13.80	9.20	0.900—0.750	1.20	0.80	16.80	11.20	0.750—0.500
2	3	15	25	0.145	3	2	14	26	0.357
1.89	3.11	15.11	24.89	0.750—0.500	1.89	3.11	15.11	24.89	0.750—0.500
2	3	13	27	0.028	1	4	14	26	0.028
1.67	3.33	13.33	26.67	0.900—0.750	1.67	3.33	13.33	26.67	0.900—0.750
3	2	13	27	0.512	1	4	15	25	0.076
1.78	3.22	14.22	25.78	0.050—0.250	1.78	3.22	14.22	25.78	0.900—0.750
2	1	22	9	0.257	1	3	23	7	2.391
2.12	0.88	21.88	9.12	0.750—0.500	2.82	1.18	21.18	8.82	0.250—0.100
3	0	15	16	1.220	9	9	9	7	0.000
1.59	1.41	16.41	14.59	0.500—0.250	9.53	8.47	8.47	7.53	>0.900
3	0	23	8	0.086	7	1	19	7	0.133
2.29	0.71	23.71	7.29	0.900—0.750	6.12	1.88	19.88	6.12	0.750—0.500
2	2	14	16	0.166	9	9	7	9	0.000
1.88	2.12	14.12	15.88	0.750—0.500	8.47	9.53	7.53	8.47	>0.900
2	2	22	8	0.143	7	1	17	9	0.573
2.82	1.18	21.18	8.82	0.750—0.500	5.65	2.35	18.35	7.65	0.500—0.250
5	13	8	8	0.955	3	5	10	16	0.135
6.88	11.12	6.12	9.88	0.500—0.250	3.06	4.94	9.94	16.06	0.750—0.500
1	3	6	10	0.014	3	2	4	10	0.167
1.40	2.60	5.60	10.40	>0.900	2.10	3.90	4.90	9.10	0.750—0.500
2	2	6	10	0.013	3	2	5	10	0.278
1.60	2.40	6.40	9.60	>0.900	2.00	3.00	6.00	9.00	0.750—0.500

魚種 1	魚種 2	$N_{12.}$	$N_{10.}$	$N_{02.}$	$N_{00.}$	χ_0^2 Pr.
ツノザメ	アイザメ	1 1.50	5 4.50	4 3.50	10 10.50	0.000 >0.900
F						
ハナフエダイ	キダイ	2 1.87	6 6.13	5 5.13	17 16.87	0.128 0.750—0.500
ハナフエダイ	ツノザメ	6 5.87	2 2.13	16 16.13	6 5.87	0.117 0.750—0.500
ハナフエダイ	アイザメ	3 1.33	5 6.67	2 3.67	20 18.33	1.670 0.250—0.100
キダイ	ツノザメ	5 5.13	2 1.87	17 16.87	6 6.13	0.128 0.750—0.500
キダイ	アイザメ	1 1.17	6 5.83	4 3.83	19 19.17	0.149 0.750—0.500
ツノザメ	アイザメ	4 3.67	18 18.33	1 1.33	7 6.67	0.034 0.900—0.750
J						
ハナフエダイ	ヒメダイ	1 1.24	6 5.76	5 4.76	22 22.24	0.087 0.900—0.750

2) 玉縄による漁獲

魚種 1	魚種 2	$N_{12.}$	$N_{10.}$	$N_{02.}$	$N_{00.}$	χ_0^2 Pr.
2NA1						
メダイ	キンメダイ	4 4.50	5 4.50	16 15.50	15 15.50	0.000 >0.900
2NA2						
キンメダイ	ムツ	3 3.77	10 9.23	17 16.23	39 39.77	0.033 0.900—0.750
キンメダイ	フジクジラ	0 1.13	13 11.87	6 4.87	50 51.13	0.474 0.500—0.250
ムツ	フジクジラ	3 1.74	17 18.26	3 4.26	46 44.74	0.513 0.500—0.250
2S						
ハナフエダイ	オオメメダイ	3 2.93	51 51.07	4 4.07	71 70.93	0.115 0.750—0.500
3N						
ハナフエダイ	オオメメダイ	3 0.97	32 34.03	0 2.03	73 70.97	3.653 0.100—0.050
ハナフエダイ	ツノザメ	2 4.54	33 30.46	12 9.46	61 63.54	1.555 0.250—0.100
オオメメダイ	ツノザメ	0 0.39	3 2.61	14 13.61	91 91.39	0.038 0.900—0.750

魚種1魚種2以外を一括して魚種3とする.

N_{ij} 上段……魚種 i と魚種 j が釣れた枝縄の実測数（いずれかの魚種が釣れないときは0で表示する. 釣れたかどうかによって枝縄を区別しない魚種番号の位置は・で示す.）

下段……魚種 i と魚種 j が相互に独立に分布すると仮定したときの N_{ij} の計算値

$N_{1.3}$	$N_{1.0}$	$N_{0.3}$	$N_{0.0}$	χ_0^2 Pr.	$N_{.23}$	$N_{.20}$	$N_{.03}$	$N_{.00}$	χ_0^2 Pr.
4	2	4	10	1.200	3	2	5	10	0.278
2.40	3.60	5.60	8.40	0.500—0.250	2.00	3.00	6.00	9.00	0.750—0.500
6	2	17	5	0.128	6	1	17	6	0.019
6.13	1.87	16.87	5.13	0.750—0.500	5.37	1.63	17.63	5.37	0.900—0.750
5	3	7	15	1.200	10	12	2	6	0.348
3.20	4.80	8.80	13.20	0.500—0.250	8.80	13.20	3.20	4.80	0.750—0.500
7	1	17	5	0.011	5	0	19	6	0.375
6.40	1.60	17.60	4.40	>0.900	4.00	1.00	20.00	5.00	0.750—0.500
5	2	8	15	1.632	10	12	3	5	0.001
3.03	3.97	9.97	13.03	0.250—0.100	9.53	12.47	3.47	4.53	>0.900
6	1	18	5	0.012	4	1	20	5	0.000
5.60	1.40	18.40	4.60	>0.900	4.00	1.00	20.00	5.00	>0.900
11	11	3	5	0.037	4	1	10	15	1.312
10.27	11.73	3.73	4.27	0.900—0.750	2.33	2.67	11.67	13.33	0.500—0.250
3	4	7	20	0.169	3	3	7	21	0.527
2.06	4.94	7.94	19.06	0.750—0.500	1.76	4.24	8.24	19.76	0.500—0.250

$N_{1.3}$	$N_{1.0}$	$N_{0.3}$	$N_{0.0}$	χ_0^2 Pr.	$N_{.23}$	$N_{.20}$	$N_{.03}$	$N_{.00}$	χ_0^2 Pr.
0	9	3	28	0.063	2	18	1	19	0.000
0.67	8.32	2.32	28.68	0.900—0.750	1.50	18.50	1.50	18.50	>0.900
0	13	10	46	1.465	4	16	6	43	0.206
1.88	11.12	8.12	47.88	0.250—0.100	2.90	17.10	7.10	41.90	0.750—0.500
3	10	20	36	0.296	3	3	20	43	0.205
4.33	8.67	18.67	37.33	0.750—0.500	2.00	4.00	21.00	42.00	0.750—0.500
4	16	13	36	0.069	0	6	17	46	0.941
4.93	15.07	12.07	36.93	0.900—0.750	1.48	4.52	15.52	47.48	0.500—0.250
4	50	7	68	0.004	0	7	11	111	0.018
4.60	49.40	6.40	68.60	>0.900	0.60	6.40	10.40	111.60	0.900—0.750
5	30	14	59	0.126	1	2	18	87	0.002
6.16	28.84	12.84	60.16	0.750—0.500	0.53	2.47	18.47	86.53	>0.900
5	30	4	69	1.387	2	12	7	87	0.119
2.92	32.08	6.08	66.92	0.250—0.100	1.17	12.83	7.83	86.17	0.750—0.500
3	0	36	69	2.983	4	10	35	59	0.110
1.08	1.92	37.92	67.08	0.100—0.050	5.06	8.94	33.94	60.06	0.750—0.500

32組み合わせ中15組み合わせで，玉縄による漁獲では8組み合わせ中4組み合わせで，$P_r\{\chi^2>\chi_0^2\}<0.05$ となり，いずれの漁法でも約½の組み合わせでは，2魚種が相互に独立に分布するとみなせないようにみえる．しかし N_{ijk} の期待数が5以下の項が多く，χ^2 が実際よりも大きく見積もられる．これに対する補正を行なうため，魚種 i と魚種 j が釣れたかどうかによる 2×2 分割表（魚種 k が釣れたかどうかを無視……(1) $i=1$, $j=2$, $k=3$, (2) $i=1$, $j=3$, $k=2$, および(3) $i=2$, $j=3$, $k=1$ の3組）について Yates の修正[3]をした χ^2 の値を求め表6に示した．この表によれば立縄による漁獲に関する32×3組み合わせ中，(1)漁場Cにおけるハナフエダイとサメの一種，(2)漁場E2におけるハナフエダイとハマダイ，および(3)漁場B1におけるハナフエダイと，キダイ以外の魚種（主にハマダイ）が同じ縄にかかる傾向を示した．このような組み合わせは全体の1/32にすぎない．玉縄による漁獲では8×3組み合わせのすべてで $P_r\{\chi^2>\chi_0^2\}>0.05$ となる．したがって両漁法による漁獲では，各種とも相互に独立に分布するとみなせる．すなわち，釣針占有における競合のため減少すると考えられる漁獲尾数は簡単な方法で推定できる．

5. 釣針占有における魚種間競合による漁獲減少の推定

前項では各漁獲組成の枝縄数の分析から，各魚種が相互に独立に分布することがわかった．各魚種の釣獲率の垂直分布は同じ枝縄に他魚種が漁獲されても変らない．したがって2魚種が競合する釣針の数は次のようにして求められる．

H 本付 N 本の枝縄に魚種1が M_1 尾，魚種2が M_2 尾漁獲されたとする．1本の釣針にそれぞれの魚種が漁獲される確率 p_i は M_i/HN である．釣針は HN 本あるので，魚種1と魚種2が競合する釣針の出現期待数 H_c は $HNp_1p_2=M_1M_2/HN$ である．両魚種の釣獲率の垂直分布を考えに入れたこの値 H'_c は，表2に示した各式1より求めた Y_{1i} と Y_{2i} を用いて，次のようにして求められる：$H'_c=\sum_{i=1}^{H} Y_{1i}\cdot Y_{2i}/HN$．$H_c$ と H'_c はほぼ等しく次のようである：

立縄による漁獲……H_c の値は32の組み合わせ中25組み合わせで0.5以下，2組み合わせで0.5～1.0，3組み合わせで1.0～1.5，2組み合わせで1.5～2.0，総計14.2本で，これは全釣針の0.28%に相当する．H_c が0.5をこえる7組み合わせのうち，漁場 B1 におけるハマダイ——ハナフエダイを除く6組み合わせは，漁場 E2 と F でツノザメが多獲されたためである．ししかツノザメは釣獲率が低いときには海底に近い釣針で漁獲されるが，釣獲率が高いと釣針位置に関係なく漁獲されるので，ツノザメの漁獲は競合によって減少する可能性は少ないと考えられる．その他の魚種が後からきて漁獲されないとしても，競合による漁獲減少は全操業で15尾程度である．

玉縄による漁獲……H_c の値は8組み合わせ中4組み合わせで0.5以下，2組み合わせで0.5～1.0，2組み合わせで1.0～1.5，総計5.1本である．これは全釣針の0.15%に相当する．

釣漁具であるこれらの漁法では，釣針の数が限られ，しかも長時間海中に設置しておくので，すでに他個体によって占有された釣針のための漁獲減少が考えられるが，いずれの魚種も釣獲率が低いため実際にはほとんど漁獲減少はみられない．

結　論

上記の結果をまとめると，荒い海底における底魚類の相対的な密度を調査する用具として立縄を用いることの可否および立縄による調査結果の普遍性について，次のように結論される．

相対的な密度について……立縄は漁具の製作と船上における取り扱いが簡単であるが，流れのある斜面漁場では浮子縄長の調節を誤ることがあるので，漁獲記録の分析に先だち，投縄水深と揚縄水深の差・漂流距離・下端の重錘の光り方等により，正常に作動したと考えられない縄に関する資料をあらかじめ除かなければならない．同じ漁場の同じ水深帯で繰返して操業すると，各魚種の釣獲率は操業ごとに大きな差がみられることがある．これが底魚類の釣獲率の特徴の一つである．各魚種がある縄で漁獲されるかどうかは，同じ縄

で漁獲される他魚種の影響を受けない．また一般に底魚類の釣獲率は低く，1本の釣針を2魚種が競合する可能性は少ない．したがって，各魚種の釣獲率について，同時に漁獲される他魚種の影響を考えなくてよい．

釣獲率の垂直変化について……釣針位置に対する釣獲率の2次・1次回帰式が有意とみなせるかどうかによって，各魚種の釣獲率の垂直分布型を論ずるには，次の2つの条件を満たさなければならない：(1)1本の幹糸に10本以上の釣針が等間隔で並んだ漁具でなければならない．(2)釣獲率が低いと，いくつかの0をはさんだ小さい自然数よりなる数列より回帰関係を求めることになるので，それを避けるため多数の縄の資料によらなければならない．

同時に投入した縄の間では，各魚種だけが漁獲された縄による釣獲率の垂直分布は，他魚種が漁獲された縄を含めて求めた釣獲率の垂直分布と同じとみなせるので，各魚種の釣獲率の垂直分布に及ぼす他魚種の影響は考えなくてよい．しかし釣獲率の高低あるいは同時に漁獲される大型魚・魚食性魚の釣獲率の高低のため，釣獲率の垂直分布が漁場によって異なる魚種がある．

立縄を用いた調査の立案・結果の解析には上記の諸点に十分注意を払わなければならない．

要　約

1978年11月と12月に宮古礁において行った38回（総計335鉢，15本付）の立縄の各釣針による漁獲記録と，1979年11月から1980年1月まで九州パラオ海嶺において行われた22回（枝縄数の総計491本，7本付）の玉縄の各釣針による漁獲記録を分析し，次のような漁獲分布がわかった．

1．立縄では同一漁場で行った数回の操業による漁獲が5尾以上の27例（11魚種，10漁場）のうち10例（6魚種，8漁場），玉縄では10例（7魚種，4漁場）のうち8例（6魚種，4漁場）の釣獲率は釣針の位置によって異なる．

2．立縄によって2漁場以上から各5尾以上が漁獲された魚種の大部分において，釣獲率垂直分布の型は，漁場によって異なる．しかし玉縄によって2漁場以上から各5尾以上が漁獲された3魚種のうち，このような傾向は1魚種でみられたにすぎない．

3．いずれの漁法による漁獲でも，各魚種の釣獲率の垂直分布型は，同じ枝縄に他魚種がかかってもほとんど変らない．

4．立縄によって同一漁場で5尾以上漁獲された2魚種の組み合わせ（32組）について，釣針位置別漁獲尾数の相関を求めたが，いずれも有意とみなせなかった．玉縄による漁獲では8組み合わせのうち2組み合わせにおける相関係数は有意とみなせる正の値をとった．

5．立縄によって漁獲された各魚種の垂直分布が漁場によって異なることに対し，各魚種の釣獲率が漁場によって異なることの影響の可能性について検討した結果，次のことがわかった（3に記した他魚種の影響は同じ枝縄にかかった他魚種の影響であるが，この項は漁場間の比較である）：(1)ハマダイの漁獲は海底から遠い釣針に多い．この分布型は同種・異種の釣獲率が上がっても変らない．(2)ハナフエダイは海底に近い釣針に多くかかり，同種の釣獲率が上がってもこの分布型は変らないが，他の大型魚や魚食性魚が多数かかると変型する．(3)ツノザメは釣獲率が低いときには海底に近い釣針に多いが釣獲率が高いとどの釣針にもかかる．(4)漁場 B2 と F で，釣獲率が釣針位置に伴って変化する魚種がみられなかったのは，ツノザメの釣獲率が高かったためと考えられる．

6．立縄によって同一漁場より5尾以上漁獲された27例のうち10例では，それぞれの魚種が漁獲された枝縄数（N_0）は，その魚種の各個体が機会的に分布したときにその魚種が漁獲される枝縄の期待数（N_1 または N_2）より小さい（同一魚種は同じ枝縄にかかりやすい）．玉縄では10例中2例でこのような傾向がみられた．立縄による漁獲がこのような傾向を示したのは，これらの魚種が同じ漁場で行われた数回の操業のうちの特定1～2操業で集中的に漁獲されたためである．

7．任意の2魚種が漁獲されるかどうかによって作った枝縄数の2×2分割表の検定により，同一漁場内における各魚種は相互に独立に漁獲されることがわかっ

た．

8．上記のような分布構造であるので，立縄（総計335×15本）の釣針と玉縄（総計491×7本）の釣針の各々について，2個体が競合する確率――釣針占有において競合するための漁獲減少の可能性――を求めた．この値は立縄では総計14.2本（0.28%），玉縄では5.1本（0.15%）と推定された．

9．立縄を用いて荒い海底付近における底魚類の相対的な密度とその垂直分布を調査するには，幹糸に10本以上の釣針がついた漁具を用いなければならない．また釣獲率は同一漁場の同一水深帯でも操業ごとに大きく変動し，釣獲率の垂直分布型も漁場によって異なることがある．調査の立案・結果の解析にはこれらの点に注意しなければならない．

文　献

1) 前田　弘・北島忠弘・廣瀬　誠・内田和良・浜口正人・俵　悟　1982：玉縄の漁獲機構．西水研研報，(57)，59-81．

2) 北島忠弘・前田　弘・廣瀬　誠・俵　悟・内田和良・浜口正人　1981：東シナ海大陸棚斜面未利用資源精密調査報告．大陸棚斜面未利用資源精密調査報告書（第3年度版），337-547．水産庁研究部ほか．

3) 西海区水産研究所　1980：東シナ海大陸棚斜面未利用資源精密調査報告．大陸棚斜面未利用資源精密調査報告書（第2年度版），293-355．水産庁研究部ほか．

4) 工藤晋二・通山正弘・三谷文夫　1981：九州パラオ海嶺域の海況，底魚類．大陸棚斜面未利用資源精密調査報告書（第3年度版），221-320．水産庁研究部ほか．

5) 花岡藤雄　1981：九州パラオ海嶺の海底地形について．大陸棚斜面未利用資源精密調査報告書（第3年版），321-327．水産庁研究部ほか．

6) 統計科学研究会編　1976：新編統計数値表．201-203，生産技術センター，東京．

7) N. R. Draper and H. Smith 1966: Applied Regression Analysis, 134-142. John Wiley & Sons, Inc., New York.

8) 鳥居敏雄・高橋晄正・土肥一郎　1971：医学・生物学のための推計学．25-38，89-109，東大出版会，東京．

西水研研報　第58号，昭和57年10月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 58, Oct. 1982

平戸島志々伎湾における人工マダイ放流魚の動向と順応過程

松宮　義晴*・木曾　克裕**

Movements and Adaptation Process of Artificially-reared Red Sea Bream after Release in Shijiki Bay, Hirado Island

Yoshiharu MATSUMIYA and Katsuhiro KISO

In order to find the movements and adaptation process of artificially-reared red sea bream after release and to see about the influence of this operation on wild red sea bream in Shijiki Bay, 14677 artificially-reared fish of about 70 mm in fork length were released concentratedly at the location where wild red sea bream were thickly distributed.

From the end of July during the period of about a month recapture-follow-up was conducted throughout the whole bay area and the following results were obtained:

(1) Two days after the release, the number of wild red sea bream captured in the releasing site was found to be extremely small and less than one-tenth of what it had been before the release. Many of both, wild fish and recaptured released fish, were found with empty stomachs, and the first ones showed an abnormal feeding habit. This seems to indicate the possibility that the large quantity of released fish had a considerable influence upon the wild ones, especially in the releasing site.

(2) Five to nine days after the release, the distribution and feeding habit of wild red sea bream resumed their normal conditions. In this period, the rate of empty stomach in the released fish decreased, and also the composition of stomach contents in the released fish showed a step-by-step-resemblance to that of wild fish.

(3) The released fish slowly moved and dispersed from the releasing site, and five days after release, they were considerably well mixed with the wild fish. The

昭和57年7月21日受理（Received July 21, 1982）
西海区水産研究所業績第400号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 400）
1978年10月7日，日本水産学会秋季大会（清水）にて口頭発表
*長崎大学水産学部（Faculty of Fisheries, Nagasaki University）
**東北区水産研究所（Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory）

rate of recaptures to released fish was 1.49%. The total decrease rate per day in released fish was calculated 8.4%, and it was pretty higher than that of wild fish. In this research, the recapture rate, survival rate and growth of the released fish in this area were fairly lower in comparison with the published results from other water areas.

近年マダイ人工種苗の量産化にともない，各地で種苗放流が本格的に実施されるようになってきた．種苗放流による栽培漁業を発展させるためには天然魚の生態，生息環境，数量変動などを把握することが必須であり，各地の調査研究により貴重な知見が蓄積されつつある．一方これと並行して，放流種苗の天然海域における順応過程や分布，移動，成長，生残などの生物的諸属性を明らかにすることも必要である．種苗の大きさによる差異や，場所や時期のちがいによる放流水域の環境特性との対比も精査されねばならない．しかし，陸上と比べて海中の追跡再捕調査がむずかしいなどの理由により，数量解析的な比較検討は十分になされていないのが現状である[1]．

天然マダイ当歳魚の精密な調査が実施されている長崎県平戸島志々伎湾において，天然魚の高密度分布水域に多数の人工種苗を放流した．本報告では移動分散，生残などの放流魚の動向や，摂餌や成長などの順応過程を把握し，天然マダイへの影響や狭い水域での環境収容力を見積ることを目的とした．過去の知見との比較検討も行った．

本文に先だち，本研究の発表の機会や種々の御指導をいただいた西海区水産研究所の佐藤重勝所長に深謝する．種々の御援助・御助言をいただいた西海区水産研究所の伊東祐方部長（現東海区水産研究所資源部長），最首光三室長（元日本海区水産研究所企画連絡室長）および御校閲をお願いした畔田正格室長に厚く御礼申し上げる．志々伎漁業協同組合の皆様方には現地調査を進める上で，多くの便宜を計っていただいた．標識放流には長崎大学水産学部の実習船鶴水と学生諸君の御協力を仰いだ．放流用種苗は長崎県漁業公社の御世話になった．心から御礼申し上げる．

放流および再捕方法

志々伎湾は長崎県平戸島の南西端に位置し，北西方向に開いた湾口幅約2km，奥行き約5kmの内湾である．水深は湾口部が30mほどで，湾奥にかけてしだいに浅くなっている（図1）．当湾ではマダイ当歳魚に焦点をあてた調査研究が1975年以降進められており，研究成果の一部はすでに西海区水産研究所研究報告第54号（1980）を中心として発表されている．天然マダイ当歳魚は湾奥部の水深7～12mの水域に多く分布し，特に藻場周辺の砂底域に多い[2]．1975年以降1982年までの調査期間のうち，放流を行った1977年はマダイ当歳魚が最も多かった年で，松宮ら[3]によると7月中旬の湾内の生息量は42万尾と推算されている．

放流した種苗は長崎県漁業公社で生産され，その配布を受けたものである．漁船の活魚槽を用いて，1日に5,000尾前後を3時間かけて運搬し，1晩蓄養したのち翌日に下記の標識をつけ放流した．約15,000尾の放流を3日にわけて実施した．種苗の大きさは図2のように尾叉長4～10cmで7cm付近にモードをもつ*．尾叉長ほぼ6.5cm以上の大きな魚には15mmのアンカー型タッグピン標識を背びれ前方部に装着した．6.5cmより小さい魚に対してはタッグピンの負担が大きいため，左腹びれ切除（ほぼ1ケ月識別可能）を行った．大きさの区別は目測によった．標識魚は活度の良いものだけを用いた．

標識魚の放流は1977年7月28日から30日にかけて，当時天然マダイ当歳魚が最も高密度に分布していた定

＊この体長組成は標識作業の当初にすくいあげた群のもので，大型魚はすくいにくいため，実際より小型魚の割合が大きい。

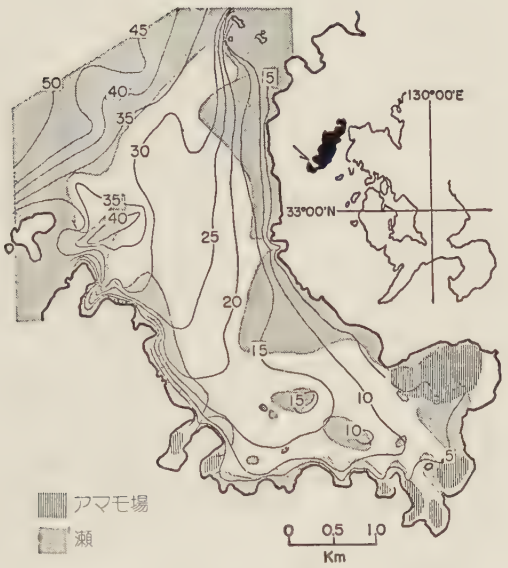


図1. 志々伎湾の位置と海底地形
数字は水深（m）

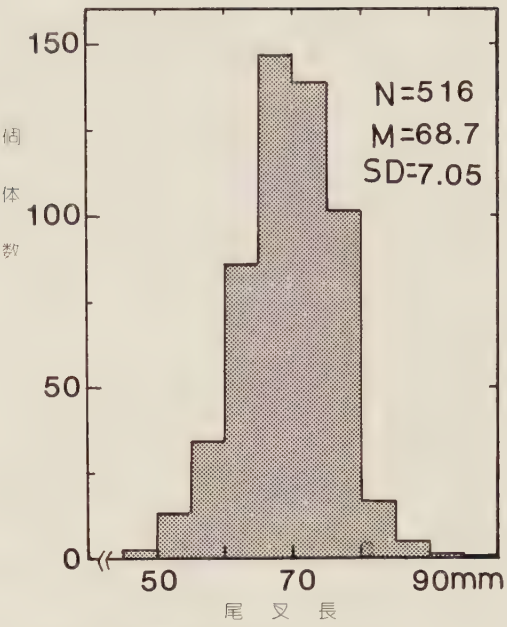


図2. 放流種苗の尾叉長組成
N：個体数　M：平均尾叉長（mm）
SD：標準偏差（mm）

図3. 曳網定点と放流点

点G1（水深7m，図3）において行った．放流尾数は表1のように各日ともタッグピン3,500尾前後，ひれ切除900～1,500尾で3日間の合計は14,677尾であった．タッグピンは色により標識放流口を区別した．

再捕調査は放流終了の翌日の7月31日から開始し，8月3日・7日・11日・20日・30日の延べ6日間に実施した．図3の曳網定点のうち，1日9～11点を選び，合計71回の再捕試験操業を一そう吾智網を用いて行った．場合によっては1つの定点で1日に2回操業を行った．再捕された人工種苗と天然マダイ当歳魚は食性などを精査するため10%ホルマリン溶液で固定保存した．使用漁具の吾智網はヘッドロープ長24m，網丈6m，袋網部の網目3mm，片側のひき綱223m（4分チェーン付）で，操業は地元の漁船を用いた．なお湾内ではマダイ当歳魚を対象とする漁業は行われていない．

結果および考察

再捕状況

標識別の再捕状況を表1に示した．再捕率1.49%は規模の大きい再捕体制をしいたわりには大きな値ではない．一般に再捕体制には試験操業によるもの，漁業

表1. 標識の種類別再捕状況

放流日	標識種類	放流尾数	再捕尾数	再捕率(%)
7月28日	タッグピン白	3,371	16	0.47
29日	タッグピン青	3,645	39	1.07
30日	タッグピン赤	3,848	24	0.62
	タッグピン小計	10,864	79	0.73
7月28日～30日	ひれ切除	3,813	139	3.65
	総 計	14,677	218	1.49

者の報告だけに頼るものなどが挙げられ，その規模も大小さまざまである．そのため，他水域における再捕結果との直接の比較は困難である．ひれ切除魚に比較して，タッグピン魚の再捕率が極めて低い（約1/5）ことは注目に値する．タッグピン魚とひれ切除魚の生態や遊泳力の差（前述したように体長の大きいものにタッグピンを装着），タッグピン標識による死亡，標識の脱落などが考えられるが，詳細は不明である．

再捕調査の定点別の結果を表2に示す．表2の定点は放流点（G 1）に近い順に掲げてあり，＊印は2回操業の平均値を示した．天然魚と放流再捕魚を合計した漁獲尾数で，再捕尾数を除した値が標識率である．標識率は調査の経過とともに徐々に低下している．表中の経過日数は放流日を7月29日とした場合のものである．

図4に放流点である定点G 1の天然マダイ当歳魚の漁獲尾数と放流魚の再捕尾数の経日変化を示した．2回操業の場合は平均値とレンジを示してある．天然魚をみると，放流前の7月22日～26日では161尾から979尾（平均411尾）の漁獲があったが，放流直後の7月31日には平均で25尾（12～37尾）と極端に低下した．多量で集中的な人工種苗の放流が天然魚の分布状態に影響したのかもしれない．放流水域の環境収容力を局所的に大幅に上回った可能性も考えられ，注目すべき事実である．8月3日以降は旧に復している．なお松宮ら[3]によると，7月22日～26日における定点G 1の天然魚の密度はおおむね0.2～0.3尾/m²と推定されている．放流魚の再捕尾数は徐々に少なくなり，8月20日には皆無となった．

移動分散

表3は表2より計算した調査日別の放流魚の平均移動距離（D_p）および天然魚と放流魚の I_δ と C_δ 指数である．調査日ごとの再捕定点は全く同一ではないが，移動分散の概要を知るには大きな問題はない．放流魚の平均移動距離（D_p）は放流魚の移動の程度を表わすもので，(1)式によって計算される．

表2. 調査日別定点別の再捕結果

調査月日（経過日数）	種類＼定点	G 1	G12	G16	G 2	G 3	G 5	G 4	G 8	G 6	G 7	G 9	G10	G11	合計	標識率(%)	P
7月31日	漁獲尾数	76*	102	—	142	160	146	0	81	13	23	—	—	—	743		
（2）	再捕尾数	51*	1	—	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	52	7.0	58.5
8月3日	漁獲尾数	349*	121	77*	71	8	124	0	58	1	0	40	—	—	849		
（5）	再捕尾数	13*	4	6*	1	0	0	0	0	0	0	0	—	—	24	2.8	24.0
8月7日	漁獲尾数	625	164	190	41	128	34	391	19	12	3	18	—	—	1,624		
（9）	再捕尾数	5	10	13	2	1	0	1	0	0	0	0	—	—	32	2.0	32.0
8月11日	漁獲尾数	323	38	188	25	150	35	14*	16	4	—	4	14	—	811		
（13）	再捕尾数	10	2	5	1	0	1	0*	0	0	—	0	1	—	20	2.5	20.0
8月20日	漁獲尾数	157	320	149	36	21	4	58	28	9	—	6	—	—	788		
（22）	再捕尾数	0	13	2	0	0	0	0	0	0	—	0	—	—	15	1.9	15.0
8月30日	漁獲尾数	—	168	—	83	113	7	37*	96	36	1	0	0	3	544		
（32日）	再捕尾数	—	1	—	0	0	0	0*	0	1	0	0	0	0	2	0.4	2.6
放流点（G 1）からの直線距離（m）		0	406	474	601	1,318	1,320	1,681	2,046	2,219	2,620	3,023	3,386	4,108			

P：放流魚の資源尾数指数　＊：2回の平均値　—：操業なし

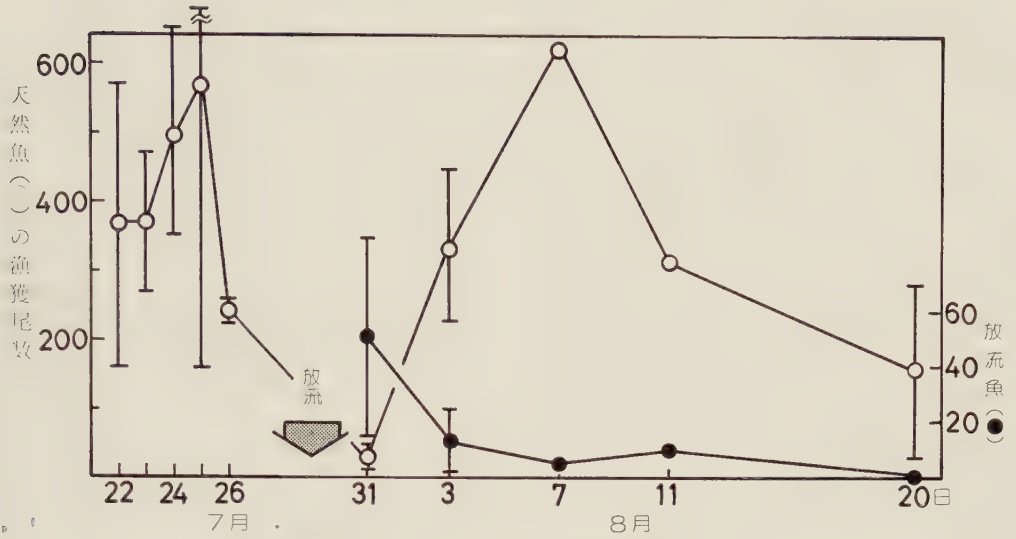


図4.　放流点における天然魚と放流魚の漁獲尾数の経日変化

図5.　放流魚の移動分散の概要　　数字は調査日別定点別の再捕尾数

$$D_P=\frac{\sum_{i=1}^{n}(D_i\times Y_i)}{\sum_{i=1}^{n}Y_i} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

Y_i ：各再捕定点における放流魚の1網当り再捕尾数

D_i ：放流点から各再捕定点までの直線距離（m）

D_p の経日変化をみると，放流直後の7月31日にはほとんど移動がなく，5日後（8月3日）に200mを越え，その後8月20日までは400m程度の値を示す．D_p がはじめて200mを越えた日を基準として，同じ平戸島内で7月中旬に他機関が実施した放流と比較すると，川内湾では放流翌日・津吉地先では45日目[4]，猪渡谷浦では104日目[5]であった．川内湾と津吉の放流種苗の大きさと尾数はともに約40mm（平均尾叉長），16万尾，猪渡谷浦は約60mm，4万尾であった．

表3. 調査日別の放流魚の D_P および天然魚と放流魚の I_δ，C_δ

調査日	経過日数	D_P	I_δ		C_δ
			天然魚	放流魚	
7月31日	2	8	1.595	8.654	0.0673
8月3日	5	211	2.526	3.946	0.9155
7日	9	450	2.642	2.972	0.5793
11日	13	436	2.761	3.242	0.9702
20日	22	415	2.442	7.524	0.7416
30日	32	1,313	2.604	—	0.5724

放流魚の移動分散の概要を地図上に表わしたのが図5である．図中の数字は再捕尾数で，水玉模様の部分は大型の種苗であるタッグピン魚の割合を示す．8月11日には湾口部でも再捕がみられた．8月30日には放流点での再捕操業が行えなかったが，湾全体で2尾の再捕しか得られなかった．なおその後，漁業者からの湾外における再捕報告はなかった．調査翌年の1978年6～7月に湾内で実施した調査でも，放流魚と思われる1歳魚の漁獲はなかった．

I_δ は分布の集中度を示す相対指数で，値が大きいほど集中度が大きく，1に近くなるとランダムな分布を意味する[6]．I_δ は(2)式によって求められる．

$$I_\delta=n\frac{\sum_{i=1}^{n}Y_i(Y_i-1)}{N(N-1)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

n ：定点数

Y_i ：1網当り漁獲尾数

$N(\sum Y_i)$ ：総漁獲尾数

天然マダイ当歳魚の I_δ は放流直後の7月31日を除いて，2.4～2.8と一定している．7月31日の低い値は放流点での漁獲が少なかったことに起因している．一方，放流魚の I_δ は放流直後の集中分布より，徐々に分散している傾向がうかがえる（表3）．

Morisita[7] に従って，天然魚と放流魚の分布の重なり度指数 C_δ を計算した．C_δ はおおよそ0～1の範囲を示す指数で，値の大きいほど両者の分布の重なり度合が大きいことを意味している．放流して5日後には，0.916という高い値を示し，放流魚は天然魚とかなりよく混じり合っていることを示唆している（表3）．前述の猪渡谷浦では，数点に分散して放流したにもかかわらず，C_δ が0.9を越えたのは放流後52日目であった．

減少率

再捕定点は湾内にほぼ均等に割りふられており，定点ごとの1網当り再捕尾数を Y_i とすると，放流魚の資源尾数指数 P は $P=\sum_{i=1}^{n}Y_i$ によって計算される．7月31日は定点G16で，8月30日はG1とG16で操業ができなかったが，この場合操業を行った湾奥部から湾中央部の定点（G1～6, 8, 12, 16）の再捕尾数の平均値を加え合わせた（表2）．放流後の経過日数（x）に対する P（対数目盛）の変化は図6のように

$$\ln P=4.108-0.0876x \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

となり，直線のあてはめは有意であった．これより，1日当りの生残率（S），減少率（$1-S$）を推定すると，

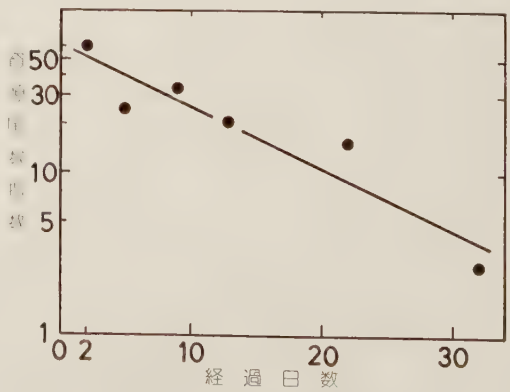


図6. 放流魚の資源尾数指数の変化

$$S=e^{-0.0876}=0.916 \quad 1-S=0.084\ (8.4\%) \qquad \cdots\cdots(4)$$

となった．減少には捕食など自然原因による死亡，運搬による体力消耗や標識の影響による死亡，さらには湾外への逸散などが含まれるが，その割合は定かでない．

この時期の当湾の天然魚の1日当り減少率は1.5～2.5%であり*，放流魚の減少率は天然魚よりかなり大きい．この調査における1日当り減少率8.4%は，だいたい同じ大きさの放流魚を追跡調査した広島県生野島（2.4%）[8]，長崎県大村湾の生切網内（2.6%）[9]，岡山県玉野（3.7%）[10]，平戸島猪渡谷浦（1.8%）[5]と比較してかなり大きい．

成長

調査日ごとの天然魚と放流魚の平均尾叉長を図7に示した．日数と尾叉長を線形関係で近似させると，放流日を0日（$x=0$，7月29日）とした時の平均尾叉長（y）は

$$\text{天然魚}\quad y=64.5+0.567x \qquad \cdots\cdots(5)$$
$$\text{放流魚}\quad y=69.5+0.118x$$

と計算された．xの係数は1日当りの成長量（単位mm）を表わす．天然魚の成長量はほぼ妥当なものであったが，放流魚の値は小さすぎ，直線のあてはめも有意でなかった．8月30日（32日後）の放流魚は小さめな2尾しか再捕されず，この値を除外すると，

$$y=68.0+0.365x \qquad \cdots\cdots(6)$$

が得られ，直線のあてはめは有意となった．

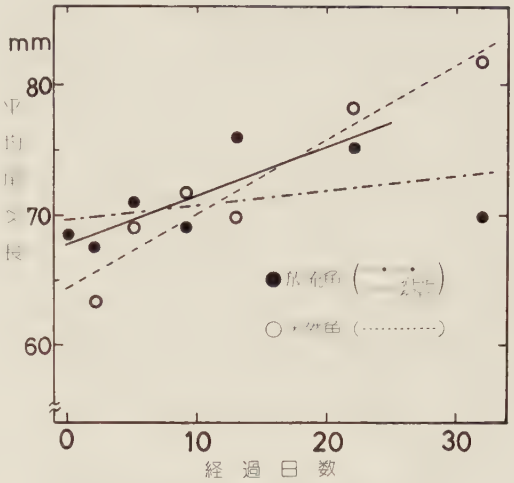


図7．天然魚と放流魚の平均尾叉長の変化

同じ程度の体長の放流魚を追跡調査して得られた過去の1日当り成長量（単位mm）を例示すると，岡山県玉野（0.575）[10]，神奈川県小田和湾（0.470）および横須賀市走水（0.471）[11]，熊本県羽千島（0.637）[12]，平戸島猪渡谷浦（0.672）[5]などが挙げられる．ここで2次的に求められた0.365mmを採用しても，前記と比

表4．天然魚と放流魚の調査日別摂餌状態

n；調査個体数　m：平均摂餌率(%)
E：空胃率(%)　σ：摂餌率の標準偏差(%)

調査月日	経過日数	定点	天然魚 n	天然魚 m	天然魚 σ	天然魚 E	放流魚 n	放流魚 m	放流魚 σ	放流魚 E
7月31日	2	1	23	2.38	3.03	39.13	38	4.27	3.70	39.47
8月3日	5	1	20	1.22	1.51	10.00	11	4.16	3.52	27.27
		12	23	1.12	0.43	4.54	6	0.81	0.37	16.67
		16	20	1.54	1.26	0	7	5.45	5.27	71.43
8月7日	9	1	20	2.04	2.49	0.50	5	3.70	2.35	0
		2	19	2.40	1.50	0	11	1.66	0.57	9.09
8月11日	13	1	20	1.83	1.59	0	10	2.12	2.17	0
		16	22	1.58	1.55	0	5	1.53	0.61	0
8月20日	22	12	20	1.01	0.55	0.50	13	1.32	1.97	15.38
8月30日	32	6	21	1.53	1.85	0	1	0.81	—	0

＊松宮義晴（未発表）

べてかなり成長がわるい．先に述べたように体長の大きいタッグピン魚の再捕率が極めて低いこともあわせて，この調査では放流魚の正確な成長が得られなかったと考えることもできる．

他水域における放流魚追跡調査結果と比較して，再捕率，生残率，成長ともかなり低い値が得られた．このことは志々伎湾のもつ環境特性に深く関連しているとみることもできよう．一方，本調査の放流種苗そのものの状態（性質）や放流方法に関係が深いと考えることもできる．放流用としての種苗の良否を正確に検定する手法の開発が待望される．標識技術や再捕体制にも改善の余地が多く残されていることを示唆しているように思われる．

摂餌

天然魚と放流魚の摂餌状態を比較した．表4には調査日別定点別に調査に供した尾数（n），1個体当りの平均摂餌率（m，胃内容物重量／体重×100%）とその標準偏差（σ），空胃率（E，空胃個体数/調査個体数×100%）を掲げてある．定点は放流魚が多く再捕されたものを選んだ．

7月31日には，m と σ はともに放流魚の方が大きく，個体差はあるものの放流直後から摂餌する個体もあることを示している．また天然魚，放流魚とも空胃率が極端に大きいことが注目される．8月3日（放流5日後）の天然魚は m と σ ともに定点間の差異が小さく，空胃率は7月31日より減少している．一方，放流魚は定点間のばらつきが大きく，空胃率は減少していない．8月7日（放流9日後）以降には，放流魚の空胃率は減少し，摂餌や空胃率に関しては天然魚とほぼ同じような状態を観察することができる．しかし8月20日の定点G12のように，空胃個体が15%も出現した場合もある．先の放流魚の成長のわるさや高い減少率はこのようなことが原因となっているのかもしれない．

小島ら[13]は胃の内壁にひだが観察されない状態をほぼ飽食と仮定して，天然魚の飽食時の摂餌率 f(%)を，$f=5.14-0.0192FL$（尾叉長 FL：45～110mm）としている．同様に花岡[14]は $f=8.8-0.083FL$（FL：18～90mm）を求めている．本報告の天然魚および再捕魚の大きさはおおよそ70mm（FL）であるので，これらを上記の式にあてはめると f は2.99～3.80が得られる．この調査の平均摂餌率と比較すると，天然魚の m は f のおおよそ½であった．放流魚の m はばらつきが大きく，f より大きな値も得られた．

天然魚と放流魚の胃内容物組成（個体数法）を図8に示す．調査尾数などは表4と対応する．定点は主として放流点を選んだ．胃内容物の観察方法は木曾[15]を参照されたい．7月31日の天然魚の胃内容物は魚類

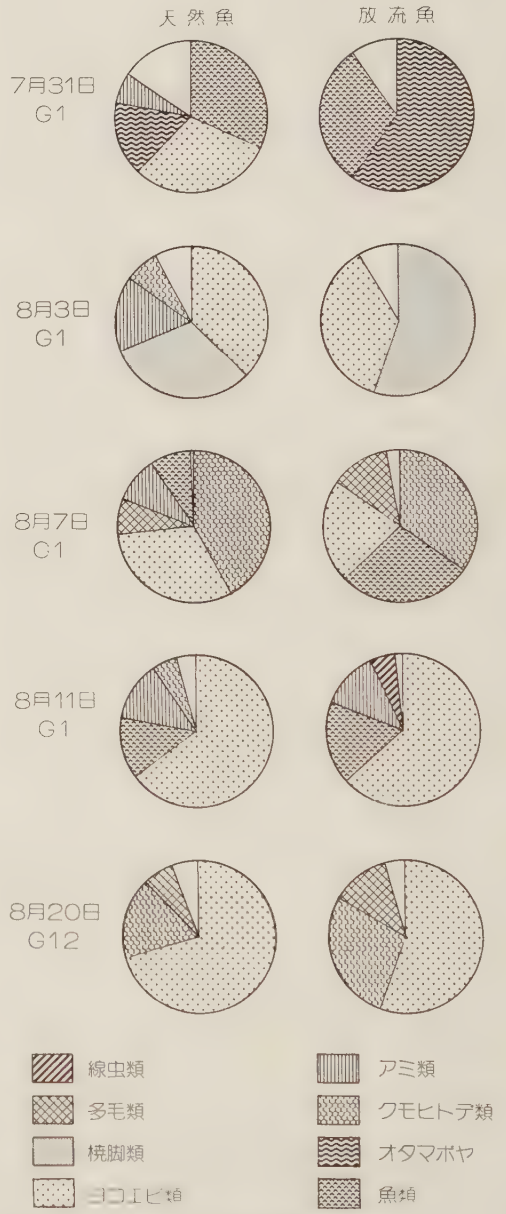


図8．天然魚と放流魚の調査日別胃内容物組成（個体数法）

とヨコエビ類が多いのに対し，放流魚はオタマボヤが過半を占め，この時期の重要餌料であるヨコエビ類はほとんどみられなかった．両者に共通して出現した魚類はほとんどが全長20～30㎜のウルメイワシとカタクチイワシであった．当湾の尾叉長60～80㎜のマダイは通常時はほとんど魚類やオタマボヤを摂餌しておらず[15]，空胃個体の多いことも含めて，放流魚はもちろん天然魚も正常な摂餌状態ではなかったと考えられる．

8月3日（放流5日後）以降は天然魚と放流魚間で摂餌生物の種類に大きな差異はみとめられない．特に8月11日（放流13日後）以降は両者ともヨコエビ類が過半を占め，胃内容物組成は近似している．8月30日は放流魚の再捕が少なく，詳しい比較ができなかった．なお定点ごとに詳しく観察すると，アマモ場である定点G16や放流点から遠い定点では，8月11日以降になっても，天然魚と放流魚の胃内容物組成にかなりの差異がみられる場合があった．

摂餌量（表4）や胃内容物組成（図8）から総合的に判断すると，1週間から10日間位で放流魚の多くは放流水域の餌料環境に順応馴化したものと推察される．これらは石川県七尾湾[16]，佐賀県仮屋湾[17]や富山湾[18]で得られた結果と相似していた．

ま　と　め

長崎県平戸島志々伎湾において，高密度に分布している天然マダイへの影響や放流後の動向および順応過程をみるため，尾叉長70㎜ほどの人工種苗14,677尾を1点に集中して放流した．湾内全域について7月末から約1ケ月の追跡再捕調査を実施した結果，以下のような知見を得た．

(1) 放流2日後には，放流点における天然魚の漁獲尾数は放流前の1/10以下になり，極端に低下した．天然魚，放流再捕魚ともこの時点では空胃個体が多く，天然魚は正常な食性を示していなかった．多量放流の影響が局所的に天然魚に及んだのかもしれない．

(2) 放流5日～9日後以降は天然魚の分布や摂餌状態は旧に復した．放流再捕魚の空胃率は減少し，胃内容物組成も徐々に天然魚と近似してきた．

(3) 放流魚は放流点より徐々に移動分散し，放流5日後には天然魚とかなりよく混じり合った．再捕率は1.49%であった．放流魚の1日当り減少率は8.4%と計算され，天然魚よりだいぶ大きかった．放流魚の再捕率，生残率，成長は他水域の調査結果と比較して，かなり低い値が得られた．

文　献

1）九州水産振興開発協議会　1981：マダイの資源培養に関する検討会報告書．56 pp.

2）畔田正格・池本麗子・東　幹夫　1980：志々伎湾における底生生活期マダイ当歳漁の分布と成長．西水研研報，(54)，259-278.

3）松宮義晴・遠藤義文・畔田正格　1980：志々伎湾におけるマダイ当歳魚の資源量推定．西水研研報，(54)，315-320.

4）長崎県水産試験場　1981：小型種苗の放流．昭和55年度回遊性魚類共同放流実験調査事業報告書マダイ，18-24.

5）長崎県水産試験場　1982：小型放流種苗と天然幼魚の生態．昭和56年度九州西海・日本海西部回遊性魚類共同放流実験調査事業マダイ共同報告書，39-45.

6）M. Morsita 1959: Measuring the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ.* Ser. E. (Biol.), **2** (4), 215-235.

7）M. Morisita 1959: Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ.* Ser. E. (Biol.), **3** (1), 65-80.

8）溝上昭男・高場　稔・猪子嘉生　1978：マダイの種苗放流・追跡—Ⅲ．採捕状況と分散．栽培技研，**7** (1)，33-38.

9）長崎県水産試験場 1980：囲網および仕切網による生残り試験．昭和54年度東支那海栽培漁業放流技術開発事業マダイ共同報告書，35-40．

10）福永恭平 1981：昭和54・55年度の瀬戸内海東部海域におけるマダイの種苗放流とその再捕結果．昭和55年度回遊性魚類共同放流実験調査事業報告書，瀬戸内海東部マダイ班，60-66．

11）神奈川県水産試験場 1980：小田和湾藻場における放流と追跡，昭和54年度標識放流群の再捕結果．昭和54年度放流技術開発事業報告書，太平洋中区海域マダイ班，14-27．

12）熊本県水産試験場 1980：54年度の放流・追跡，アンカータッグ標識魚（全長50㎜以上）の放流．昭和54年度東支那海栽培漁業放流技術開発事業マダイ共同報告書，76-80．

13）小島 博・楠本輝一 1979：徳島県那佐湾の小型種苗放流技術開発調査．昭和53年度瀬戸内海栽培漁業放流技術開発調査マダイ班東部海域報告書，75-82．

14）花岡 資 1972：魚類群集の構造と生産．海の生物群集と生産（西沢 敏・石田力一・川崎 健編），311-364．恒星社厚生閣，東京．

15）木曾克裕 1980：平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態―Ⅰ．成長に伴う餌料の変化とその年変動．西水研研報，(54)，291-306．

16）興石裕一・安永義暢 1980：マダイ放流技術開発に関する基礎的研究―Ⅰ．マダイ健苗育成に関して．日水研研報，(31)，1-15．

17）佐賀県水産試験場 1980：標識放流と追跡．昭和54年度東支那海栽培漁業放流技術開発事業マダイ共同報告書，16-21．

18）富山県水産試験場・富山県栽培漁業センター 1981：追跡調査．昭和55年度回遊性魚類共同放流実験調査事業報告書，日本海中部海域マダイ班，83-87．

非　売　品

昭和57年9月25日　印刷
昭和57年10月1日　発行

水産庁西海区水産研究所
〒850　長崎市国分町49

印刷人　松尾隆一郎
印刷所　株式会社隆文社
佐世保市瀬戸越町260
電話　㊾　3306

CONTENTS

(In Japanese with English abstracts)

Hiroshi UEDA

Zooplankton Investigations in Shijiki Bay–II. Zooplankton Communities from September 1975 to April 1976, with Special Reference to Distributional Characteristics of Inlet Copepods 1

Etsuko SHOJIMA and Hideo ŌTAKI

Stock Assessment of the Korai Prawn, *Penaeus orientalis* 23

Hiroshi MAÉDA, Tadahiro KITAJIMA, Makoto HIROSE, Kazuyoshi UCHIDA, Masato HAMAGUCHI, Satoru TAWARA, Koichi FUKADA and Masahiro ISHIHARA

Difference Between Vertical Longline and By-line Type Bottom Longline Observed in Catch Pattern 53

Yoshiharu MATSUMIYA and Katsuhiro KISO

Movements and Adaptation Process of Artificially-reared Red Sea Bream after Release in Shijiki Bay, Hirado Island 89

SEIKAI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

49 KOKUBU-CHO, NAGASAKI 850

JAPAN